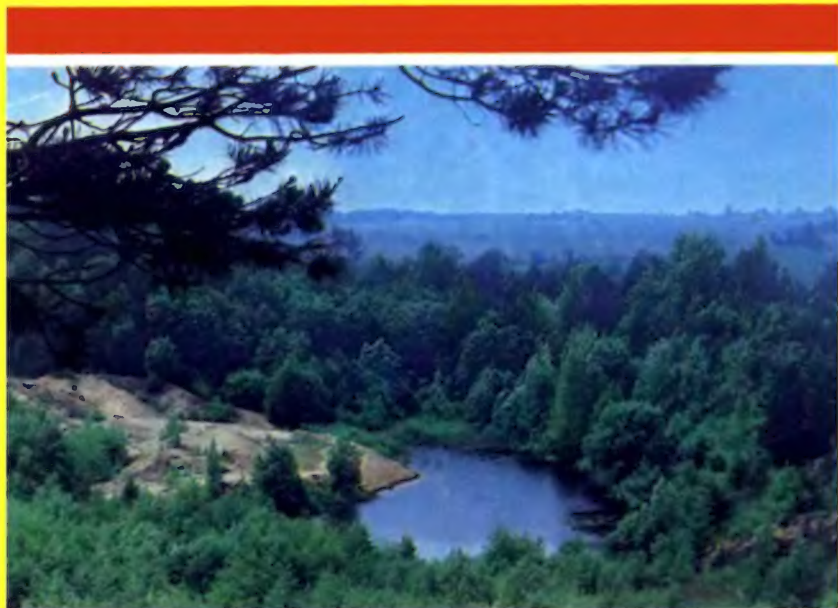


БИОЛОГИЯ 6



Беркинблит М.Б., Чуб В.В.

Биология. Экспериментальный учебник для учащихся VI классов. — М.: МИРОС, 1992. — 232 с.: ил.

ISBN 5—7084—0016—1

Учебник биологии для VI класса открывает подготавливаемую МИРОСом серию взаимосвязанных учебников биологии для базовой школы. Первая часть настоящей книги — это введение в биологию, своеобразный путеводитель, позволяющий школьнику сориентироваться в предмете. Вторая часть посвящена царству бактерий. Много места уделено описанию экспериментов, сведениям из истории биологии, показана ее связь с другими науками. Учебник снабжен вопросами и задачами.

**Михаил Борисович Беркинблит
Владимир Васильевич Чуб**

БИОЛОГИЯ

**Экспериментальный учебник
для учащихся VI классов**

**Зав. редакционно-издательским
отделом *Т. И. Балашова***

Редактор *С. Я. Вишникина*

Обложка *В. А. Галкина*

Рисунки *Т. А. Беловой*

Художественный редактор *В. И. Пономаренко*

Технический редактор *И. В. Пронина*

Корректор *Г. Н. Буханова*

**Оригинал-макет изготовлен в
Компьютерном центре МИРОСа**

Н/К

Изд. № Ф30 (03). Подписано в печать 19.02.93.

Формат 60 х 84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Печать офсетная. Объем 14,5 печ. л. Тираж 50 000 экз.

Заказ № 113

Цена договорная.

Московский институт

развития образовательных систем.

109004, Москва, Нижняя Радищевская ул., д.10.

Отпечатано с готовых диапозитивов в ИПО «Полигран»

125438, Москва, Пакгаузное шоссе, 1

Изд. № Ф30 (03)

ISBN 5—7084—0016—1

© Беркинблит М. Б., Чуб В. В., 1993

© Московский институт

развития образовательных систем (МИРОС), 1993

Дорогие ребята!

Это ваш первый учебник, который познакомит вас с замечательной наукой о живых существах — биологией. Биология изучает жизнь растений и животных, то, как они устроены и как взаимодействуют друг с другом.

Но одна биология не могла бы разобраться во всех проблемах, связанных с живыми организмами. Чтобы узнать, как человек видит, как растение использует солнечный свет, как организм движется и растет, используя пищу, а также для решения многих других вопросов биологи работают вместе с физиками и химиками.

В учебнике биологии нельзя написать про все науки. Однако нам часто придется ссылаться на сведения из физики, химии и других наук. Мы надеемся на вашу активность, на то, что те из вас, кто проявят интерес к написанному в этом учебнике, возьмут в библиотеке книги по физике, истории, по другим предметам или поговорят с учителями, которые ведут в вашей школе физику, химию, литературу.

Чтобы облегчить вам поиск информации, выходящей за пределы биологии, мы в соответствующих местах текста в начале абзацев поста-

вили буквы, взятые в кружок. Это — начальные буквы названий тех предметов, знакомство с которыми поможет вам разобраться в прочитанном. Следовательно, встретив в тексте такие символы, вы поймете, что здесь надо бы побольше узнать:

- Ⓐ — из астрономии,
- Г — из географии,
- И — из истории,
- М — из математики,
- Ф — из физики,
- Х — из химии,
- Я — из языкознания.

Для удобства пользования учебником мы также решили составить список имен, терминов и понятий, которые в нем встречаются. Этот список приведен в конце книги.

Надеемся, что вы с удовольствием будете заниматься биологией.

А если в книге что-то непонятно или, по вашему мнению, чего-то не хватает, обязательно напишите нам. Мы будем рады улучшить учебник, получив ваши письма.

Наш адрес: 109004 Москва, Нижняя Радищевская, 10, МИРОС, лаборатория биологического образования.

АВТОРЫ

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ

ГЛАВА 1

ОСНОВЫ КЛЕТОЧНОЙ ТЕОРИИ

§ 1. История открытия клетки

УВЕЛИЧИТЕЛЬНОЕ СТЕКЛО

Наверное, каждый из вас держал в руках увеличительное стекло. В солнечный день ребята часто пользуются им для выжигания по дереву, а герои «Таинственного острова» Жюль Верн сами сделали увеличительное стекло, чтобы добыть огонь. Если поместить такое стекло на некотором расстоянии от книги, то буквы увеличатся (рис. 1). Пожилым людям, которые плохо видят, иногда дарят большие увеличительные стекла (эти стекла иначе называют лупами), чтобы они могли читать. Часовщики, нахмутив бровь, зажимают лупу, вставленную в металлическую трубочку, между бровью и верхним краем щеки, чтобы лучше видеть крохотные колесики и пружинки маленьких часов.

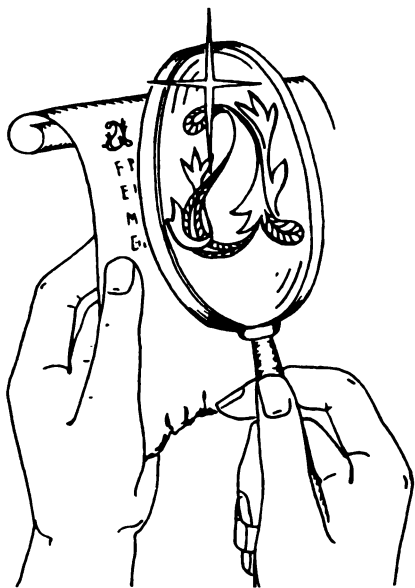


Рис. 1. Лупа увеличивает букву «А»

Практическое задание

Возьмите увеличительное стекло и положите его на книгу или газету. Медленно приближайте стекло к глазу. Как меняется картина, которую вы видите? На каком расстоянии от книги и от глаза должно быть стекло, чтобы получилось наиболее четкое изображение? Пусть каждый ученик проделает этот простой опыт. Сравните результаты, полученные вами и вашими товарищами. У всех ли они получились одинаковыми?



Как вы думаете, давно ли люди узнали про свойства увеличительного стекла? Оказывается, давно. Вполне возможно, что такими стеклами что-то зажигали мальчишки в Древней Греции, которым вместо сказок про Ивана-царевича рассказывали сказки про подвиги Геракла. Во всяком случае, драматург того времени Аристофан про увеличительные стекла знал точно: в одной из его комедий есть эпизод, связанный с неожиданным применением лупы. В то время писали на дощечках, покрытых воском. Герой комедии взял взаймы много денег, и его долги были записаны на такой дощечке. Ему и посоветовали: приди к тому, кто дал тебе деньги, с увеличительным стеклом и незаметно направь его на долговую дощечку, воск растает и долги исчезнут (рис. 2). А жил Аристофан за 400 лет до нашей эры. (Интересно, откуда древние греки брали воск и как покрывали им дощечки?)

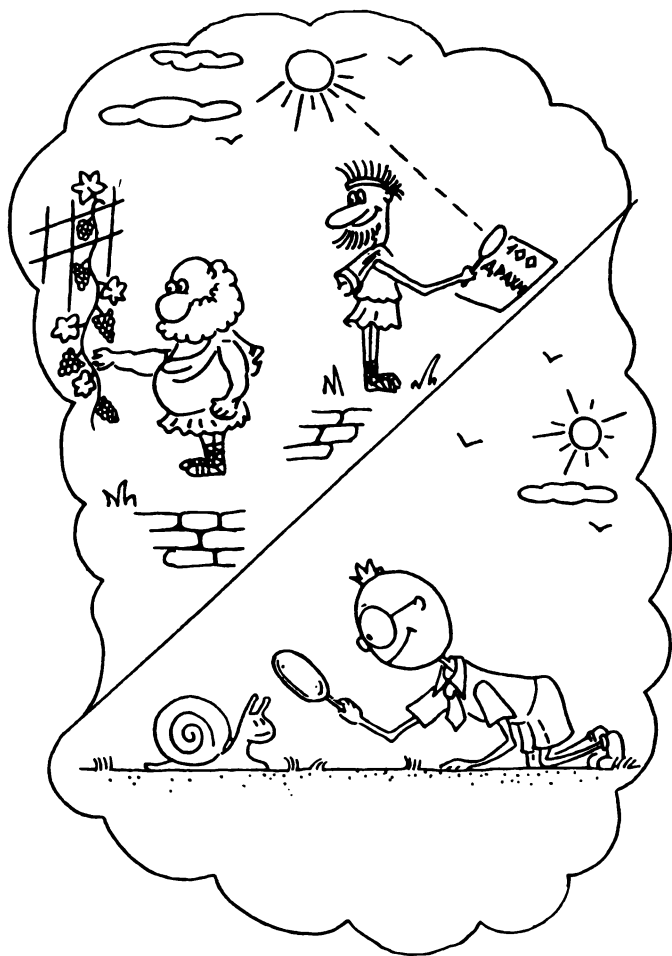


Рис. 2

Люди давно заметили, что лупа позволяет видеть предметы увеличенными. Еще 700 лет назад Роджер Бэкон предложил людям со слабым зрением использовать лупу при чтении.

Обычная лупа дает не слишком большое увеличение: всего в 10—30 раз, а то и меньше. Но нашелся человек, который стал делать лупы столь искусно, что они открыли ему целый новый мир.



Антонио Левенгук

АНТОНИО ЛЕВЕНГУК (1632—1723)

300 лет назад в Голландии жил торговец сукном Антонио Левенгук. Но торговля его мало интересовала. Он увлекался увеличительными стеклами. Левенгук был любопытен как ребенок. Он клал под увеличительные стекла самые разные предметы (например, головку мухи) и рассматривал их. К сожалению, стекла увеличивали не слишком сильно. Тогда Левенгук решил сделать лупы, которые увеличивали бы сильнее, и начал заниматься шлифовкой стекол. Он много лет изготавливал лупы и сделал их сотни. Они были крохотного размера (меньше миллиметра) и увеличивали не в 10, а в 100 раз, а самые лучшие даже в 300 раз. Через такие стекла можно было увидеть много интересного.

Левенгук рассматривал то глаза насекомых, то жало пчелы, то лепесток или стебель растения. Он клал под лупу волос человека и волос бобра. Интересно, чем они отличаются? А что если посмотреть через лупу на волос лося?

И вот однажды он навел свою лупу на капельку воды, которую взял из кувшина, стоящего во дворе. В этой капле он увидел

огромное количество быстро движущихся существ разного вида. Левенгук назвал их «анималькусы»; по-русски это значит «зверьки». (Кстати, художников, которые рисуют животных, называют анималистами.)

Левенгук решил выяснить, откуда берутся эти «зверьки». Может быть, они падают с неба? Он взял чисто вымытое блюдо и во время дождя собрал в него воду. «Зверьков» в воде не оказалось.

Однажды Левенгук задумался вот над чем: почему перец щиплет язык? Он решил, что у перца есть маленькие иголочки, которые колют язык, но они такие мелкие, что их нельзя увидеть простым глазом. Тогда Левенгук положил перец в воду, чтобы он стал мягче, затем отщипнул от него частичку и положил ее в каплю воды под лупой. Он увидел огромное количество живых существ, которые появились в воде, где лежал перец. Точно так же Левенгук обнаружил своих «зверушек», опустив в воду кусочек налета с зуба. Оказалось, что во рту у человека тоже живет множество «зверьков».

Левенгук обнаружил, что если нагреть воду, то при определенной температуре «зверьки» перестают двигаться, как будто умирают, и при охлаждении воды уже не оживают.

Свои открытия Левенгук описывал в письмах, которые он посылал в Англию, в Королевское общество. Он жалел, что не научился в юности хорошо рисовать, ведь рассказывать про свои открытия только словами было очень трудно. И он зарисовывал «зверьков» как умел.

Левенгуку очень хотелось узнать, есть ли у его «зверьков» глаза, сердце, лапки. Но «зверьки» были такие маленькие, что даже в его лупы подробности их устройства нельзя было увидеть.

А как узнать размеры «зверьков»? Левенгук придумал такой способ. Он взял много очень маленьких песчинок, примерно одного размера, и уложил их рядом в линию. Потом измерил общую длину этой линии и вычислил размер одной песчинки. Теперь уже он мог сравнивать размеры «зверушек» с размерами этой песчинки: она была для него вместо измерительного прибора.

Хотя Левенгук не умел хорошо рисовать, зато он хорошо считал — без этого торговцу обойтись было никак нельзя. Он подсчитал, что в маленькой капельке воды плавает 2 млн. 700 тыс. «зверьков»; он рассчитал также, какого размера у его «зверьков» жилы (если у них вообще есть кровеносные сосуды), и многое другое.

(Подумайте, как Левенгук смог посчитать, сколько «зверьков» плавает в капле воды. Ведь он не мог пересчитать их всех. Как же он вышел из положения? Подумайте также, как он мог рассчитать, какого размера жилы у «зверьков». Попробуйте сами провести такие вычисления.)

Соседи и даже друзья посмеивались над Левенгуком, считая его чудачком. Ведь он, по их мнению, вместо того чтобы расширять торговлю и набивать карманы гульденами, все свободное время занимался шлифовкой стекол и разглядыванием всякой чепухи. А торговля в Голландии шла бойко.

Но скажите, знаете ли вы фамилию еще хоть одного торговца сукном, который жил 300 лет назад в Голландии? Мы тоже не знаем. А вот фамилию чудача Левенгука люди не забудут никогда.

Кстати, Левенгук, не получивший образования и даже не знавший латыни (какой ужас!), был избран членом Королевского общества, т.е. стал академиком. Ему передавал привет Петр I, который посетил в то время Голландию, а английская королева даже приезжала к Левенгуку в гости, чтобы посмотреть на его «зверушек». То-то удивлялись соседи!



Как вы думаете, почему 300 лет назад в Голландии было много ученых и именно туда поехал Петр I? Придумайте ответ и обсудите его с учителем истории. Кстати, кто жил раньше: Левенгук или Тиль Уленшпигель?

ИЗОБРЕТЕНИЕ МИКРОСКОПА

Когда ученые люди в Англии получили от Левенгука письмо про открытие им невиданных «зверушек», они решили увидеть их собственными глазами. Для этого они купили перец самого высшего сорта и положили его в воду. У них не было замечательных луп Левенгука, зато был микроскоп. И вот капелька лежит на стекле микроскопа, а академики, как школьники, толпятся вокруг. Каждому хочется поскорее заглянуть в него. И все увидели маленькие движущиеся существа. Открытие Левенгука подтверждено и признано. Это произошло 15 ноября 1677 г.

В те времена микроскоп был новинкой. В чем идея микроскопа? Всем известна поговорка: «Один ум хорошо, а два лучше». Так и здесь: одно увеличительное стекло хорошо, но, может быть, два

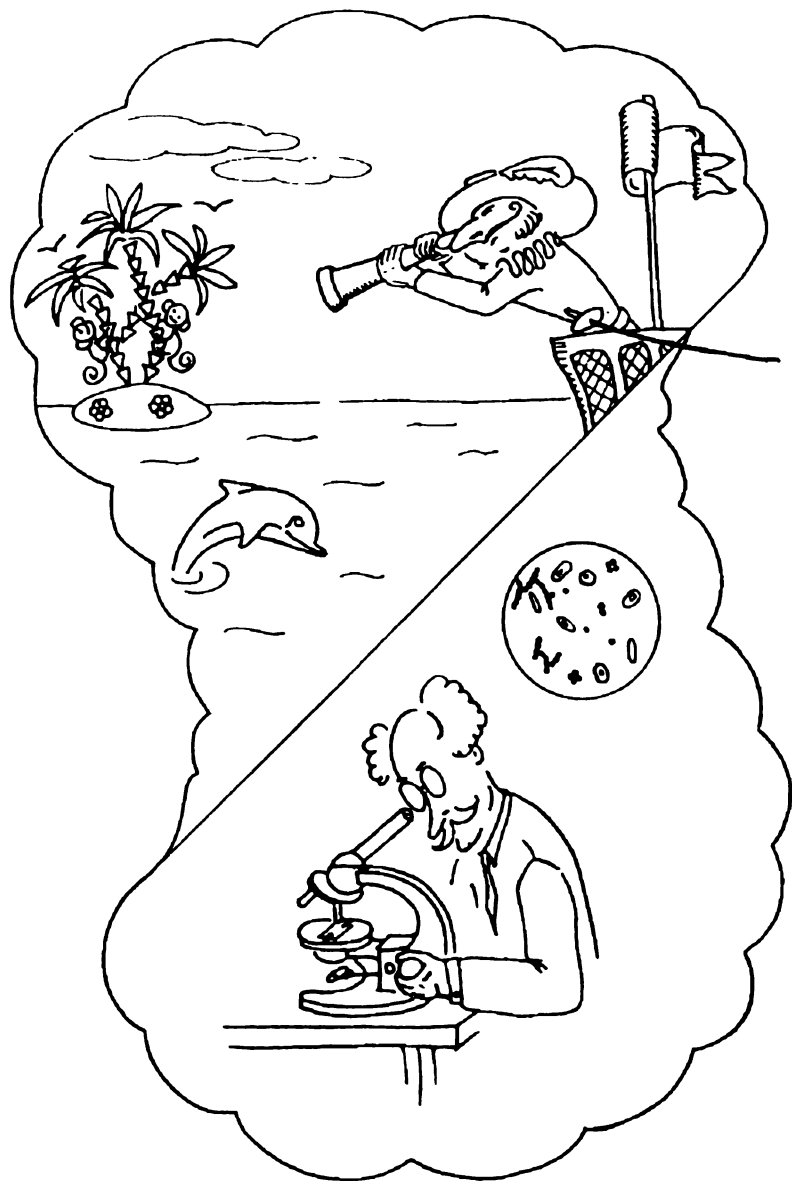


Рис. 3. Использование подзорной трубы (вверху) и микроскопа (внизу)

еще лучше. А что если взять вместо одного два стекла и расположить их на разном расстоянии от книги и от глаза? Если одно увеличивает в 10 раз, а второе увеличит то, что получилось, еще в 10 раз, тогда удастся достичь увеличения в 100 раз.

Примерно так рассуждали изобретатели. Правда, сначала они думали не про микроскоп. У них была другая идея. Конечно, хорошо читать книгу, увеличивая маленькие буквы. Но ведь если книгу отнести в другой конец комнаты, то буквы тоже покажутся маленькими. А нельзя ли с помощью стекол читать книгу, которая находится от нас на расстоянии целого километра?

И То, что это возможно, предположил английский ученый Р. Бэкон, которого не раз сажали в тюрьму. За что? Узнайте у учителя истории.

И вот сначала, составляя два стекла, сделали подзорную трубу, с помощью которой можно было увидеть далекие предметы. Капитаны смотрели в такую трубу, чтобы заранее знать о приближении берега (рис. 3).

А уже потом сделали микроскоп.

Ф Попробуйте достать два стекла и ставьте их на разные расстояния от глаза и от книги. Получилось ли у вас сильное увеличение? Как надо выбирать стекла, чтобы сделать подзорную трубу или микроскоп? Оказывается, все это нетрудно посчитать, если немножко знать науку о свете — оптику. Если вам это интересно, то поговорите с вашим учителем физики.

Я Кстати, что означает слово «микроскоп»? Оно составлено из двух греческих слов: «микро», что значит «маленький», и «скоп» — по-гречески «видеть». Итак, микроскоп — это прибор для разглядывания маленьких предметов. Те же греческие корни использованы в таких словах, как «микроб» (это тоже составное слово из «микро» и «биос»; «биос» — это «жизнь»; отсюда же и слово «биология», а «микроб» означает «маленькое живое»), «телескоп» — «далеко» и «видеть». Интересно, что телескоп и телевизор в переводе означают одно

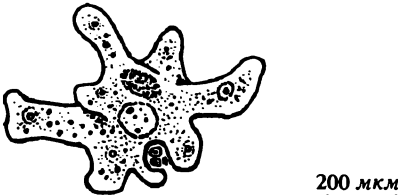
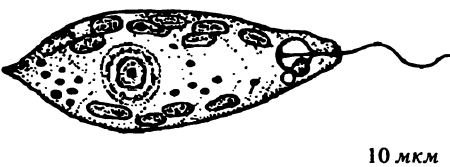
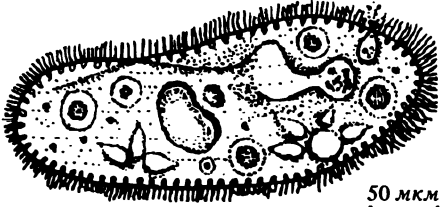
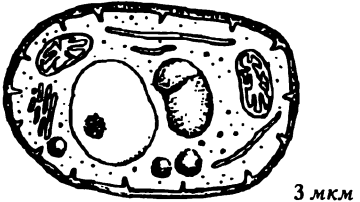
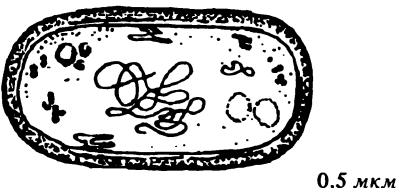
	Амеба
	Эвглена зеленая
	Инфузория туфелька
	Клетка микроскопического гриба
	Бактерия — кишечная палочка

Рис. 4. Клетки разных микроскопических организмов
Видно, что в клетках кроме ядра есть какие-то другие структуры, имеющие разную форму (шарики, нити и др.)

и то же, только «скоп» — это «видеть» по-гречески, а «визор» — по-латыни. (Надо бы узнать, не родственные ли латинское слово «визор» и наше слово «видеть»?)

У вас в кабинете биологии скорее всего есть микроскоп. Попробуйте, как английские академики, проверить открытие Левенгука. Не обязательно брать перец, можно, например, взять воду из вазы, где стояли цветы.

1. Узнайте, как работать с микроскопом.
2. Нарисуйте наиболее интересных для вас «зверушек» (вы ведь умеете рисовать?) и попытайтесь найти их на рис. 4 в вашем учебнике. Если же вы их не обнаружили, то поищите с помощью учителя в других книгах (конечно, не очень просто сравнивать свой рисунок со всеми остальными в книге, но что поделаешь! А нет ли более удобного способа?). Вдруг вы открыли существо, которое еще никто не видел?
3. Как узнать размеры нарисованного вами существа? Придумайте такой способ и определите его размеры.

Вы, конечно, знаете, что есть разные породы собак: овчарки, пудели, лайки (а какие еще?). Интересно, есть ли разные «породы» «зверушек» Левенгука? Могут ли они видеть, чувствовать запахи? Как они плавают?

Про все это вы узнаете дальше.

ЧТО УВИДЕЛ В МИКРОСКОП¹ РОБЕРТ ГУК

Вы уже знаете, что Английская академия наук (Королевское общество) проверяла открытие Левенгука и что в академии был микроскоп.

Кто изобрел микроскоп, точно не известно. Известно только, что он появился в Голландии. Существует легенда, что изобрели микроскоп дети, которые играли со стеклами и случайно удачно сложили два стекла. Откуда же они взяли эти стекла? Дело в том, что именно в те времена были придуманы очки и для них стали делать разнообразные стекла, ведь людям нужны разные очки. А хорошие очки делали как раз в Голландии.

Из Голландии микроскопы развезли по всему миру. И называли их тогда не микроскопами, а «блошиными стеклами» или «комариными стеклами». Это были медные игрушки. В них рассматривали блох и комаров.

Попал один такой микроскоп и к английскому академику Роберту Гуку. И Гук его немного усовершенствовал. Например, хотел он посмотреть в микроскоп вечером, а в комнате было темновато. Свечи давали слишком мало света, и он придумал специальный осветитель к микроскопу.

Тогдашние академики были куда больше похожи на детей, чем теперешние ученые. Они даже свою академию задумали как одно

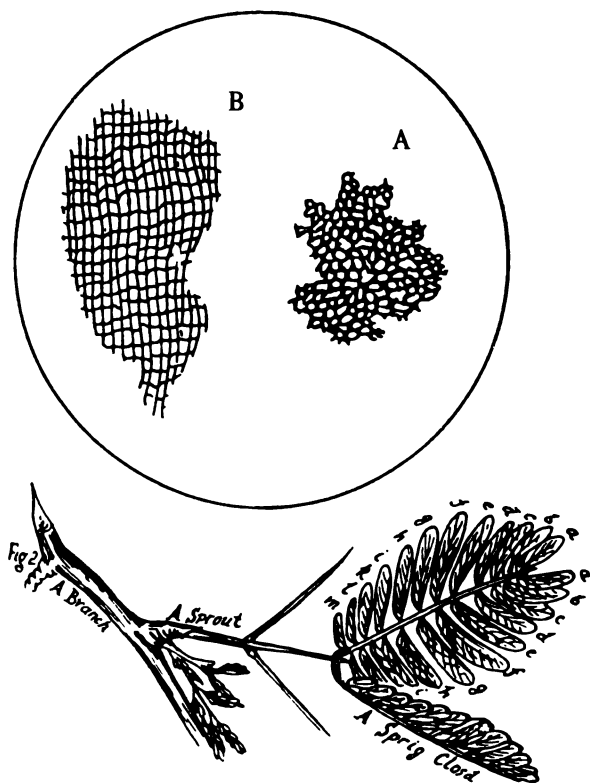


Рис. 5. Рисунок из книги Р. Гука, на котором впервые были изображены клетки

из тайных обществ, которые очень любят придумывать дети, и дали ему название «Незримая Академия».

Роберт Гук клал под микроскоп самые разные предметы, зарисовывал их, а потом выпустил целую книгу таких рисунков.

Вот для примера, какие предметы он рассматривал.

Наблюдение 1. О кончике острия маленькой иглы.

Наблюдение 3. О тонком батисте или льняной ткани.

Наблюдение 8. Об огненных искрах от удара кремния о сталь.

Наблюдение 14. О различных фигурах, образуемых морозом.

Наблюдение 30. О семенах мака.

Наблюдение 43. О личинках комаров.

Наблюдение 49. О муравье.

(Теперешний самый обычный школьный микроскоп куда лучше, чем микроскоп Гука. Почему же Левенгук и Гук сделали много открытий, а сегодня каждый школьник их не делает?)

И вот под номером 17 в книге Гука помещен рисунок среза пробки, т. е. мертвой растительной ткани. Гук увидел, что этот малюсенький кусочек растительной ткани состоит из мельчайших ячеек (рис. 5), которые Гук называл то «ящичками», то «коробочками», то «клетками». Вот это последнее название и сохранилось. Гук увидел такие же клеточки и на срезах различных растений: в сердцевине бузины, других кустарников и деревьев, в мякоти укропа, моркови, репейника, иных растений. После Гука множество ученых в течение 100 лет наблюдали под микроскопом эти клетки. Но что это такое, так и оставалось непонятным. Некоторые ученые думали, что всё растение пронизано дырочками, как хлеб или сыр, и клетки — это дырочки. Другие думали, что все растение разделено перегородками, как дом разделен на комнаты, и каждая клетка — такая комната, а между ними есть отверстия вроде дверей. Третьи придумывали что-то еще.

Но, прежде чем двигаться дальше, вам надо самим увидеть клетки растений. Ведь лучше один раз увидеть, чем сто раз услышать.

Иногда в учебниках предлагают всем школьникам страны — «от Москвы до самых до окраин» — для зарисовки клеток брать кожицу лука и смотреть на нее в микроскоп. Но, может быть, в разных местах клетки лучше всего видны на каких-то местных растениях: в Чарджоу — на дынях, в Мичуринске — на яблоках, а в Астрахани — на лотосах.

Поэтому мы просим вас проделать такую работу. Пойдите в лес или в поле и соберите разные растения. Затем пусть каждый ученик выберет себе два-три растения, изучит их под микроскопом и зарисует клетки того растения, где они лучше всего будут видны. А дальше обсудите всем классом, на каких растениях вашей местности лучше всего видны клетки, и пришлите нам письмо с результатами (письма от всех учеников прочитать мы не сможем, поэтому присылайте письмо от целого класса). В нем обязательно сообщите, какие растения вы рассмотрели (полный список с научными названиями), на каких из них лучше всего видны клетки. Спросите у учителя, как правильно называется растение, пусть он расскажет вам, как определить название найденных вами растений. Если вы живете вблизи моря или озера, то не забудьте посмотреть, какие клетки видны у водорослей. В письме должно быть указано место, где вы сорвали растения, как сделали срезы, какой в вашей школе микроскоп. Прочитав ваши письма, мы сможем посоветовать вашим младшим сестрам и братьям, на каких растениях вашей местности лучше всего рассматривать клетки.

Не забудьте, пожалуйста, написать, что именно вы рассматривали: «корешки» или «вершки», т.е. был ли это срез корня, листа, веточки дерева или плода... А еще лучше, если вы покажете место среза на рисунке.

ЧТО УВИДЕЛИ УЧЕНЫЕ, ПОСМОТРЕВ В МИКРОСКОП НА ЖИВОТНЫХ

Вы уже знаете, что биологи под микроскопом рассматривали самые разные вещи, в том числе и органы животных: сердце, желудок, кожу, глаза и т. д. Ученые при этом видели картину, составленную как бы из отдельных кусочков. Называли эти кусочки по-разному: «мешочки», «зернышки», «пузырьки». Рассматривать органы животных труднее, чем растения, потому что плохо видна граница между «мешочками». Зато внутри «мешочков» можно было разглядеть какое-то пятнышко. Его называли «ядром». Как у ореха есть скорлупа, а внутри — ядро, так и на срезах органов животных есть «мешочки» с жидкостью, а внутри них ядро.

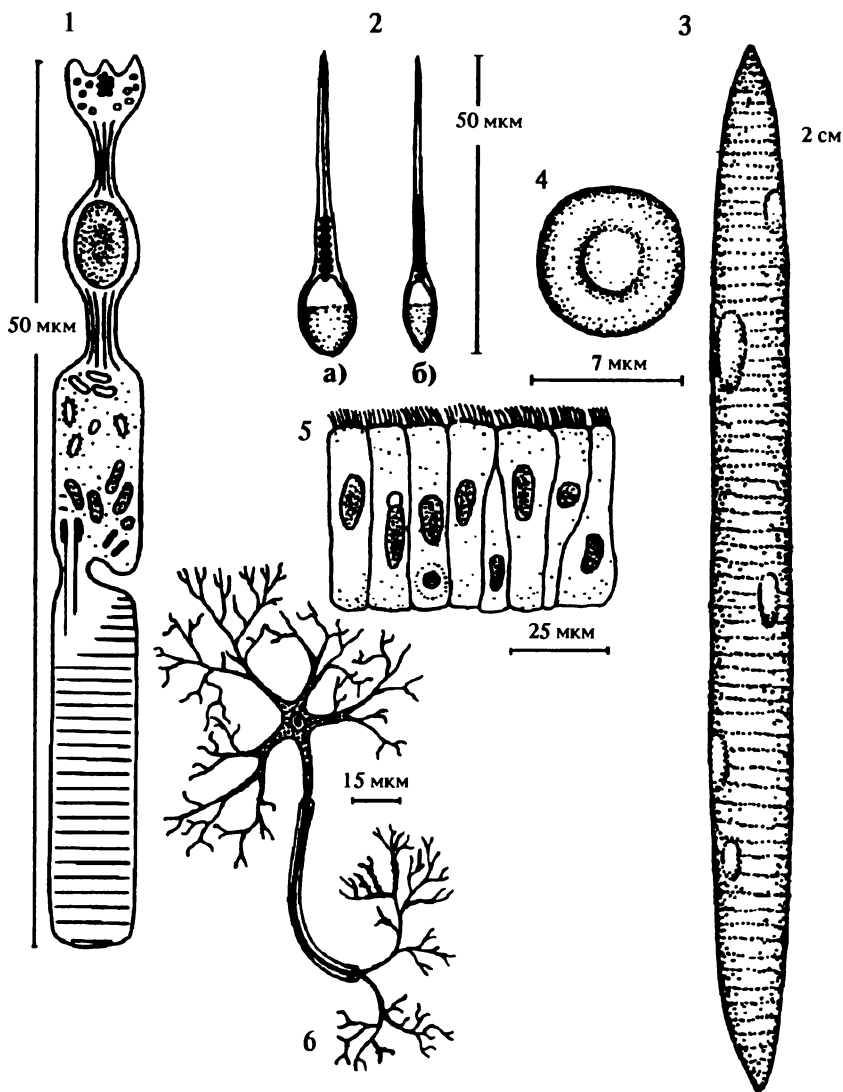


Рис. 6. Клетки разных тканей животных:

1 — клетка глаза, воспринимающая свет («палочка»); 2 — половые клетки (сперматозоиды), о которых будет рассказано позднее; 3 — мышечная клетка; 4 — клетка крови (эритроцит); 5 — клетки, образующие покровы (из таких клеток состоят, например, стенки кишечника или дыхательного горла); 6 — клетка мозга, иначе ее называют нервной клеткой

Потом ученые подобрали краски, которыми можно окрасить срезы органов животных, так, что мешочки становятся хорошо видимыми. Специальными красками красили ядра.

Если в вашей школе есть окрашенные срезы разных органов животных, то вы можете посмотреть под микроскопом, как выглядят эти срезы, и увидеть ядра своими глазами (рис. 6).

А в это время ботаники научились отрывать одну клетку от другой. Они обливали ткань растения кислотой, а потом тончайшей иголочкой разъединяли клетки. Так они поняли, что клетки — это не отверстия и не «комнаты», отделенные общей стенкой. Они, скорее, были похожи на ящички. У каждой клетки были свои стенки, а внутри она была заполнена жидкостью.

Т Всеми этими наблюдениями занималось множество интересных людей. В школьном учебнике нет возможности рассказать обо всех. Но об английском ботанике Роберте Броуне рассказать надо обязательно. Он сначала отправился в путешествие в Австралию, чтобы узнать, какие там есть растения. (Интересно, какие? Наверное, вам что-нибудь про это рассказывали на уроках географии?) А потом работал в Англии. Рассматривая растения в микроскоп, он обнаружил в клетках и листа, и корня, и стебля какие-то шарики и пришел к заключению, что во всех растительных клетках есть ядра.

Броун сделал еще одно открытие. Может быть, вы знаете, что у папоротников нет цветков, а вместо семян у них очень мелкие зернышки — споры. Броун положил эти споры в воду и стал их рассматривать в микроскоп. Он увидел, что споры непрерывно и беспорядочно двигаются. В отличие от «зверьков» Левенгука, которые перемещались в одну сторону, изредка меняя направление, споры металась из стороны в сторону. Причина их неутомимого движения была совершенно не понятна. Французский физик Ж. Б. Перрен взял вместо спор мелкие кусочки твердой черной краски (туши) и увидел, что они двигаются точно так же. Стало понятно, что причина движения спор не в том, что они живые. Это движение стали изучать физики. Его называют «броуновским движением». (Вспомнив Левенгука, придумайте опыт, который доказал бы, что и мертвые споры могут так двигаться.)

§ 2. Клеточная теория

КЛЕТКА — ОСНОВА ЖИЗНИ

150 лет назад в Берлине работал молодой ученый Теодор Шванн. Он занимался самыми разными исследованиями и сделал несколько замечательных открытий. Например, изучая пищеварение, он обнаружил в желудочном соке особое вещество, переваривающее пищу, которое он назвал «пепсин». Это открытие Шванн сделал, когда ему было 26 лет. Через год им были открыты дрожжевые грибки. А потом он начинает работать с микроскопом. Здесь Шванн тоже сделал открытие. Он обнаружил, что нервные волокна, которые идут от глаза к мозгу и от мозга к разным органам, покрыты «изоляцией», напоминающей изоляционную ленту. Потом он стал изучать под микроскопом строение мозга головастика. Как и многие другие ученые, он увидел у головастика «зерна» и «мешочки» с ядром внутри.

У Шванна был друг Матиас Шлейден — ботаник, который занимался микроскопией растений. Однажды во время обеда друзья обсуждали, откуда берутся новые клетки у растений и какую роль в этом могут играть клеточные ядра. И тут Шванн рассказал Шлейдену, что он видел ядра в «мешочках» у головастика. Они вместе отправились в лабораторию и стали смотреть в микроскоп. Шлейден сказал, что ядра в «мешочках» у животных точь-в-точь такие, как и в клетках растений. И тогда Шванну пришла в голову замечательная мысль. Он догадался, что «мешочки» животных и клетки растений, по существу, одно и то же. Что все растения — будь то бузина или морковь — и все животные — будь то блоха или тигр — состоят из клеток. Что клетка — основной элемент, основной «кирпичик» всех организмов. Точно так же, как из кирпичей можно построить самые разные сооружения — и сарай, и жилой дом, и завод, и собор, так и из клеток построены организмы разного размера и разной формы.

Эту замечательную идею Шванн описал в книге, вышедшей в 1839 г., когда ему было всего 29 лет. В ней собраны наблюдения, сделанные десятками ученых, и все эти факты подтверждали идею Шванна. Но, чтобы эта идея стала общепризнанной, надо было еще немало сделать. Ведь клетки — не кирпичи и не кубики, они живые, и надо было понять, как они живут. И организм — это не беспорядочное скопление клеток, а единое целое. Надо было также

узнать, какие сорта клеток есть в организме и как они действуют друг на друга. А кроме того, надо было понять, откуда берутся новые клетки. Ведь, например, головастик выводится из икринки лягушки совсем маленьким, потом растет, потом из него получается лягушонок и, наконец, большая лягушка. Но оказывается, что клетки у лягушки такого же размера, как и у маленького головастика. Значит, в лягушке гораздо больше клеток, чем в головастике. Откуда же берутся клетки? Они как-то размножаются. Но как?

Вы, конечно, можете просто запомнить, что все животные и растения состоят из клеток. Но если немного задумаетесь, то сильно удивитесь. Представьте себе котенка, который мяукает, прыгает, пьет молоко и бежит за бумажкой. Вместе с тем этот котенок состоит из огромного количества расположенных друг около друга клеток. Ясно, что эти клетки должны как-то действовать друг на друга и работать слаженно, чтобы котенок мог видеть, бегать, мяукать. Значит, эти клетки должны быть не просто кирпичиками, но и сами уметь делать разные вещи.

Возникает еще и другой вопрос: каким образом эти разные клетки укладываются в нужном порядке, когда котенок развивается внутри матери и когда он растет.

Эти вопросы ученые продолжают изучать и сегодня. И полных ответов на них мы до сих пор не знаем.

Вы видите, что идея Шванна породила целый ряд вопросов. И так бывает почти всегда. Новая догадка, новая идея, новое открытие дают ответы на старые вопросы, но одновременно ставят новые, еще более интересные и глубокие. А ведь мы перечислили далеко не все из них. Вот еще один. Если все организмы состоят из клеток, то, может быть, когда-то на Земле жил какой-то самый простой организм или даже клетка, из которой потом произошли другие организмы? Это тоже стоило обдумать и попытаться выяснить.

ОДНОКЛЕТОЧНЫЕ

Мы уже говорили, что клетка — это элемент живого организма и сама тоже живая. Но были ли основания считать живой одну-единственную клетку? Оказывается, отдельные живые клетки были известны еще до открытия Шванна.

Вспомните, мы советовали тем из вас, кто живет около моря, озера или реки, посмотреть в микроскоп на клетки водоросли. Ботаники тоже не забыли эти водные растения, и среди водорослей

обнаружили такие, которые состояли всего из одной клеточки. Шванн знал об этом и описал одноклеточные растения в своей книге.

А вот есть ли одноклеточные животные? И тут надо вспомнить про «зверушек» Левенгука. Рассмотреть их устройство при плохих микроскопах было трудно, и многие ученые думали, что эти существа многоклеточные и что у них есть свои органы (лапы, сердце, желудок). Один ученый утверждал, что у инфузорий (одна из групп «зверьков» Левенгука, см. рис. 4) имеется даже не один, а несколько желудков. Как это ни удивительно, но он оказался прав! Только «желудки» у инфузорий не такие, как у многоклеточных.

Но с усовершенствованием микроскопа удалось установить, что инфузории представляют собой всего одну клетку. Оказалось, что *всякий организм представляет собой или одну свободно живущую клетку, или объединение какого-то количества клеток.*

СТРОЕНИЕ КЛЕТОК ОДНОКЛЕТОЧНЫХ, РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ

Все клетки имеют сходные главные составные части: *оболочку*, которая покрывает клетку снаружи, жидкое содержимое — *цитоплазму* (по-гречески «цитос» означает сосуд, «цитоплазма» — это содержимое сосуда, то, что внутри оболочки) и *ядро*.

Клетки бывают самыми разными по форме. У растений они чаще имеют более простую форму, а у животных клетки могут быть сильно вытянуты или имеют разветвленную форму (см. рис. 6).

Кроме оболочки, цитоплазмы и ядра клетки имеют и другие составные части, о которых вы узнаете потом. (Есть даже специальная наука — цитология. Она изучает строение разных клеток и их функции.)

ОТКУДА БЕРУТСЯ НОВЫЕ КЛЕТКИ

Сначала ответы на этот вопрос часто носили фантастический характер. Например, считалось, что новая клетка образуется из «соков» организма. На самом деле это объяснение оказалось неверным. Выдумать правильный ответ «из головы» было невозможно. Точно так же, как сами клетки были открыты в результате изучения разных растений и животных, так и про образование новых

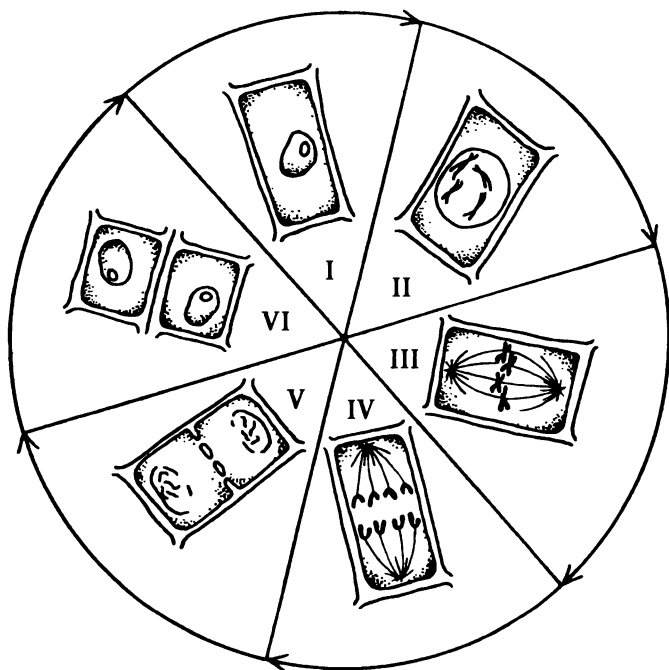


Рис. 7. Деление растительной клетки:

I — родительская клетка до начала деления; *II* — в ядре становятся видными какие-то удвоенные палочки (их называют хромосомами); *III* — ядро теряет свою оболочку; к палочкам присоединяются какие-то ниточки, идущие к противоположным концам клетки; *IV* — каждая удвоенная палочка распадается на две хромосомы, которые расходятся к разным концам клетки; *V* — начинает образовываться перегородка, разделяющая материнскую клетку на две части, а также оболочки двух новых ядер; *VI* — деление окончено: из одной клетки возникло две новых

клеток удалось узнать, только сопоставляя множество наблюдений микроскопистов.

Ученым удалось увидеть, как возникают новые клетки у водорослей. Оказалось, что в клетке, которая выросла и имеет большие размеры, постепенно возникает перегородка, и вместо одной материнской клетки появляются две дочерние (рис. 7). Потом такой же способ образования новых клеток увидели при росте кончика корня и при развитии пыльцы растений. Затем образование новых клеток в результате деления исходной клетки удалось наблюдать и у животных.

Постепенно накопились наблюдения, показывающие, что новые клетки всегда возникают в результате деления уже существующих. Немецкий ученый Р. Вирхов писал, что *всякая клетка возникает из другой клетки*, подобно тому как всякое животное происходит только от животного, а растение — только от растения.

Процесс, в результате которого из одной клетки возникают две, называют клеточным делением.

При клеточном делении в каждой новой дочерней клетке обнаруживалось новое ядро. Это значит, что клетку нельзя представить себе просто как полиэтиленовый пакетик («оболочку») с жидкостью внутри и плавающим в ней шариком-ядром. В клетке должны быть какие-то устройства, которые позволяют разделить ядро и «развезти» новые ядра в разные части клетки и построить между ними перегородку. Но клетка слишком мала, чтобы увидеть, а главное — понять, как она все это делает.

Интересно, что деление одноклеточных организмов было открыто еще до того, как появилась клеточная теория. Один итальянский ученый, наблюдая некоторых «зверушек», заметил, что иногда две «зверушки» плавают, как бы склеившись между собой, а потом расходятся и начинают плавать по отдельности. Он предположил, что они таким образом размножаются. Но другой ученый совершенно по-другому объяснил это наблюдение. По его мнению, быстро плавающие «зверушки» иногда сталкиваются друг с другом, и тогда одна из них раскалывает другую на две части, которые еще некоторое время остаются вместе, а потом разваливаются окончательно. Можно еще предположить, что временно слиплись две «зверушки». Но как же все-таки узнать, что происходит в действительности?

Итальянский ученый Спалланцани придумал такой способ: надо посадить в каплю воды всего одну «зверушку», чтобы ей не с кем было сталкиваться и слипаться, и посмотреть, получится ли из нее две. Но сказать это было легче, чем сделать. Микроорганизм — не кролик. Как поймать всего один микроорганизм? Спалланцани придумал для этого хитрый способ. Он положил под микроскоп капельку воды, в которой были тысячи микроорганизмов. Рядом он поместил капельку чистой воды. А потом сделал между ними тончайший водный канал. Микроорганизмы поплыли по каналу. И как только первый из них заплыл в капельку чистой воды, ученый стер канал и закрыл тем самым дорогу другим организмам. После этого он с нетерпением стал наблюдать за капелькой, в которой плавала одна-единственная «зверушка», и обнаружил, что через

некоторое время в капле можно было увидеть две «зверушки», потом три, четыре, потом еще больше. Так было показано, что одноклеточные существа могут делиться.

«ВСЕ ПОДВЕРГАЙ СОМНЕНИЮ»

Когда-то существовало такое увлечение. Человек предлагал своим знакомым и товарищам заполнить анкету с разными вопросами, например: «Что вы больше всего цените в людях?», «Кто ваш любимый писатель?», «Ваша любимая книга» и т. д. Однажды такую анкету заполнял Карл Маркс, а в ней был такой вопрос: «Каков ваш девиз?» На этот вопрос он ответил: «Все подвергай сомнению».

Давайте задумаемся, как можно доказать, что все животные и растения состоят из клеток. Ученые рассмотрели в микроскоп тысячу разных растений и животных, но, может быть, когда они возьмут тысячу первое, окажется, что в нем никаких клеток и нет. Или, может быть, есть такие маленькие животные, что их не видно в микроскоп и они не состоят из клеток. Ведь природа очень разнообразна, может быть, в ней есть исключения из правил.

А как доказать, что клетки размножаются делением? Ведь и этот вывод сделан лишь на основе большого числа наблюдений. Но разных видов растений и животных — миллионы. Да и у каждого крупного организма миллионы клеток. Откуда же мы знаем, что каждая из этих клеток получалась в результате деления? Ведь мы не видели, как появлялась каждая из этих клеток.

Ясно, что совершенно недостаточно просто рассмотреть в микроскоп большое число растений или животных. А вдруг какое-то новое животное или растение окажется исключением?

Тем более что такие случаи в истории уже встречались. Ученые изучили множество животных, которые живут в Европе, Азии и Америке. Они обнаружили, что все птицы, черепахи и крокодилы выводятся из яиц, а все млекопитающие (т. е. животные, которые выкармливают детенышей молоком, например, кошки, мыши, олени, зайцы, обезьяны) рожают детенышей, а яиц никогда не откладывают. Казалось, что это — общее правило, ведь ученые исследовали тысячи разных животных.

Но вот путешественники обнаружили в Австралии удивительное животное — утконоса. Это было млекопитающее, покрытое шерстью, как и все звери. И вдруг оказалось, что утконос откладывает яйца, а его детеныши выводятся из яиц. То-то удивились ученые!

Как же можно из наблюдений сделать какой-то бесспорный вывод?

Давайте рассмотрим более простой пример. Вы все знаете, что после дня наступает ночь, а после ночи наступает новый день, при этом днем бывает светло, а ночью — темно. А откуда у нас такая уверенность, что после ночи завтра будет новый день, а не наступит вечная тьма? Конечно, мы много раз видели смену дня и ночи, но ведь, может быть, в следующий раз такая смена не произойдет.

Было когда-то на Земле такое огромное море — Тетис. Существовало оно миллионы лет, а потом исчезло. Может быть, и смена дня и ночи исчезнет.



На самом деле мы уверены, что после ночи все-таки наступит день, потому что мы понимаем, отчего эта смена происходит. Вы, наверное, уже знаете из уроков географии, что земной шар вращается, подставляя под лучи Солнца то одну, то другую сторону. Полный оборот Земля делает за 24 ч, за это время сменяются день и ночь. Но, может быть, сегодня Солнце светит, а завтра погаснет? Этого не случится, так как мы знаем, что на Солнце работает огромная атомная станция, которая вырабатывает свет, и что горючего там хватит на миллионы лет. Так что в ближайшее время Солнце не погаснет.

Но, может быть, Земле надоест вращаться, и она остановится? Тогда на ней будут очень долгая ночь и долгий день. (А как должна вращаться Земля, чтобы на одной ее стороне была вечная ночь, а на другой — вечный день, как на планете Меркурий?) Но вы знаете, как трудно бывает остановить даже быстро вращающееся велосипедное колесо. А ведь Земля — огромный шар, вращающийся с очень большой скоростью, который почти ничто не тормозит (на самом деле его немного тормозят приливы, но от этого скорость вращения изменяется очень мало).

Итак, благодаря тому что мы знаем причину смены дня и ночи, мы можем утверждать: после сегодняшней ночи будет новый день. Более того, мы даже можем объяснить некоторые исключения из этого правила. Например, почему на Северном полюсе день и ночь длятся по полгода. Или почему иногда вдруг днем становится совершенно темно, как ночью, и появляются звезды. Это бывает

во время солнечных затмений, когда между Землей и Солнцем оказывается Луна и загораживает Землю от солнечного света.

Значит, чтобы делать выводы, и тем более предсказания, надо не просто наблюдать явления, а понять их причины. Как это делается, мы и будем разбираться дальше.

А теперь вернемся к биологии.

Мы приводили слова Р. Вирхова о том, что каждое растение появляется только от растения, а каждое животное — от животного. Но откуда это известно, и как это можно доказать?

СУЩЕСТВУЕТ ЛИ САМОЗАРОЖДЕНИЕ?

Что касается домашних животных, то люди давно знали из наблюдений, что теленок рождается у коровы, а жеребенок — у лошади. Но, несмотря на это, они не делали заключения, что и у всех остальных животных дело обстоит точно так же.

В одной научной книге было написано: «Оспаривать, что жуки и осы зарождаются из коровьего помета, это все равно, что спорить против разума, здравого смысла и реального опыта. Даже столь сложные животные, как мыши, не обязательно должны иметь отцов и матерей; если кто-либо в этом сомневается, пусть поедет в Египет и там убедится в том, что поля положительно кишат мышами, зарождающимися из грязной тины реки Нила, что является большим бедствием для населения».

В этом отрывке описано несколько верных наблюдений. Действительно, в Египте было много мышей, недаром наша домашняя кошка родом из Египта (наверное, поэтому она так любит тепло). Верно и то, что из навоза вылезают жуки-навозники, что река Нил дает много ила. Но вывод о том, что раз там, где много ила, много и мышей, то, значит, они заводятся в иле, неверен. И конечно, нельзя утверждать, что раз жуки вылезают из навоза, то, значит, они там и заводятся.

(Как получается, что жуки выводятся вроде бы из комка навоза, подробно исследовал французский учитель и энтомолог Фабр, он написал про это удивительную книжку «Жизнь насекомых», от которой трудно оторваться. Очень рекомендуем вам постараться достать эту книжку.)

С мышами ученые разобрались достаточно быстро, как только стали держать их в клетках. Оказалось, что у каждого мышонка обязательно должны быть и отец и мать. А вот про насекомых

продолжали еще долго думать, что они зарождаются в иле, грязи, навозе. Казалось, что это доказано прямыми наблюдениями. Люди много раз замечали, как в гнилом мясе заводятся какие-то червячки, а потом оттуда вылетают мухи. Казалось, что они возникают из этого мяса. Такое возникновение организма из земли, грязи, мяса без участия родителей называли *самозарождением*.

Люди долго были уверены, что многие живые организмы возникают в результате самозарождения. Они полагали, что крупные и сложные животные имеют родителей, ну а всякая мелочь может возникать сама собой из мусора.

Важные возражения против идеи самозарождения были сделаны, когда появился микроскоп. Рассматривая под микроскопом глаза мухи, усики комара, внутреннее устройство насекомых, исследователи увидели, что все эти органы устроены очень сложно, хотя и малы по размерам.

Дальше ученые рассуждали так. Представьте себе человека, который издала увидел наручные часы. Он видит просто круглый предмет и может подумать: наверное, часы возникли сами собой, ведь на берегу моря много таких же круглых камешков, примерно такого же размера и тоже блестящих. Но пусть потом этот человек увидит внутреннее устройство часов: зубчатые колесики, пружину, винтики. (А вы, кстати, знаете, как устроены часы?) Тогда человек понимает, что из песчинок или камешков не могут возникнуть сами собой эти детали, что они не могут сложиться в нужном порядке случайно. И действительно, есть рабочие, которые делают детали часов и собирают часы. Так вот и насекомые оказались настолько сложными, что трудно было представить, чтобы все их «детали» возникли случайно из грязи и сложились в нужном порядке. Но конечно, такое рассуждение тоже ничего не доказывало.

Сторонники самозарождения говорили в ответ: а где же та мастерская, которая изготавливает жуков? Навернее, это организм матери. Ведь теленок формируется внутри коровы. Но никто никогда не видел, чтобы от мухи могла родиться другая муха. Они вполне могут формироваться в мусоре.

Так можно было спорить до бесконечности.

Но вот 300 лет назад в одно время с Левенгуком итальянский ученый Франческо Реди доказал, что мухи не могут заводиться в гнилом мясе сами собой. И сделал он это так. Он поставил *опыт* (рис. 8). Реди взял кусок мяса и разрезал его на две половинки. Одну половинку он положил в кувшин № 1, а вторую — в кув-

шин № 2. Первый кувшин он обвязал сверху тонкой марлей, а второй оставил открытым. В первый кувшин мухи никак не могли пролезть, а во второй они свободно влезали и так же свободно вылезали из него. Через некоторое время Реди обнаружил, что во втором кувшине появились белые червячки, а потом оттуда стали вылетать молодые мухи. А в первом кувшине ни червячков, ни мух не появилось.

Давайте обсудим этот опыт.

Во-первых, постараемся понять, чем отличается опыт от простого наблюдения. При наблюдении ученые видели, что из мяса появляются мухи, но никак не вмешивались в наблюдаемые события, не меняли условий, в которых эти события происходили. Реди же не просто наблюдал за куском мяса. Он вмешивался в ход событий, изменяя условия, в которых находилось мясо (накрыл кувшин с мясом марлей так, что мясо стало недоступным для мух). *Это активное вмешательство человека и отличает опыт от простого наблюдения.*

Как же придумывается опыт? Почему Реди поступил таким образом? Обычно до того, как ставить опыт, человек размышляет над причинами явления и придумывает несколько возможных объяснений, у него возникают разные предположения о причинах явления (в науке эти предположения называют *гипотезами*). Опыт ставится для того, чтобы проверить, какая из гипотез верна.

Какие же гипотезы были у Реди? Одна — старая, в которую он не верил: мухи появляются в результате самозарождения. Вторая гипотеза была такова. Реди предположил, что мухи откладывают в мясо яйца. Известно же про кур, что они откладывают яйца, насиживают их и затем из яиц появляются цыплята. Может быть, думал Реди, и мухи откладывают яйца в мясо. Но в куриных яйцах много питательных веществ, их хватает для развития цыпленка, а у мух яйца маленькие, из них выводятся червячки, которые питаются мясом, а потом как-то превращаются в мух. Итак, было две гипотезы: самозарождение и откладывание яиц. Теперь надо было придумать такой опыт, чтобы он помог выяснить, какая из них верна. Реди и придумал такой опыт: если завязать горлышко кувшина марлей, то мухи не смогут туда пролезть и отложить яйца. Если в этом мясе все же заведутся новые мухи, значит, они появляются не из яиц (на самом деле могло случиться и так, что мухи через дырочки в марле роняли бы свои яйца на мясо, но тут Реди повезло: мухи этого не делали).

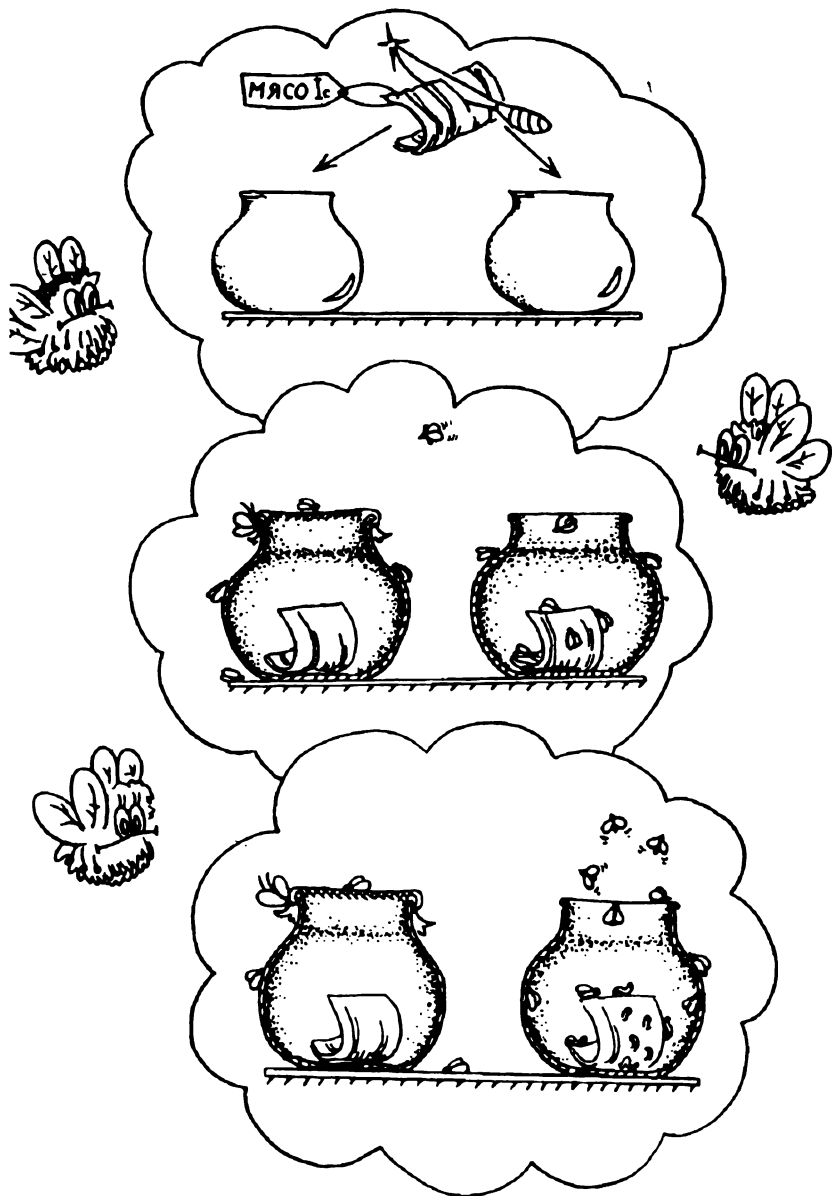


Рис. 8. Опыт Реди

Но зачем же Реди взял второй кувшин? Ведь и без этого было очевидно, что мухи в гнилом открытом мясе заведутся. Вроде бы это были лишние хлопоты. Между тем второй кувшин играл очень важную роль. Без него противники Реди могли бы сказать, что взятое мясо вообще не может порождать мух, что это какое-то неудачное мясо. Второй кувшин нужен был для контроля, для того, чтобы проверить, что без изменения условий (т. е. когда доступ мухам открыт) в таком же куске мяса мухи появляются. Иначе, Реди не смог бы сделать нужного вывода.

Итак, замечательный опыт Реди показал, что самозарождения мух в мясе не происходит. И вы, наверное, подумали, что после этого опыта ученые сразу решили: все другие насекомые тоже появляются из яиц. — Ничего подобного.

Даже сам Реди так не думал.

Ведь существует много разных насекомых. Мухи могут выводиться из яиц, а другие насекомые самозарождаются. Правда, про бабочек тоже было известно, что они откладывают яйца на листьях. Из яичек выводятся гусеницы (как у мух червячки), которые потом превращаются в бабочек. Но были и более сложные случаи.

На листьях некоторых растений (например, дуба) встречаются круглые наросты — орешки. Реди наблюдал, что из этих орешков выводятся насекомые. Но ему не удалось заметить, чтобы эти насекомые откладывали яйца на листьях. И тогда он решил, что насекомые зарождаются из листьев.

Но почему же тогда мухи не могут заводиться в мясе? Реди придумал такое объяснение: мясо — мертвое, а в мертвом самозарождение невозможно. А лист дерева — живой. Из живого вещества листа могут зарождаться насекомые. Сейчас нам это кажется даже более странным, чем если бы кто-то сказал, что из куриных яиц вывелись котята. Но в то время даже такой ученый, как Реди, считал, что из растения может появиться насекомое. Он решил написать про свои наблюдения книгу. Но к его счастью в это время другие итальянские ученые увидели, как это насекомое (сейчас его называют орехотворка) откладывает яйца в листья, и смогли проследить развитие насекомого из яйца.

Итак, оказалось, что не только мыши, но и насекомые не самозарождаются: все они имеют родителей.

Интересно, что Реди был членом кружка ученых, возникшего в это время во Флоренции. Кружок назывался «Академия опыта». Во главе его стоял знаменитый физик Торичелли.



Почему же в одно и то же время и в Италии, и в Англии возникли академии? Как вы думаете, почему академия во Флоренции носила такое название? Обязательно узнайте у учителя физики, чем прославился Торичелли.

ЕСТЬ ЛИ РОДИТЕЛИ У «ЗВЕРУШЕК»?

Итак, у мышей есть родители; у мух и других насекомых — тоже. Но сторонники самозарождения не сдавались. Теперь они утверждали, что все эти организмы очень сложны и поэтому они имеют родителей. А уж такая мелочь, как «зверушки» Левенгука, конечно, возникает сама собой из разного мусора. Так что спор не кончился, просто предметом спора стали другие организмы.

Итальянский ученый Ладзаро Спалланцани решил повторить опыт Реди на микроорганизмах. (Один раз мы о нем уже упоминали: это тот самый человек, который сумел поймать одну «зверушку» в чистую каплю воды и увидеть, как она делится на две половинки.)

Но как повторить опыт Реди? За мухой можно уследить и не пустить ее в кувшин. Совсем другое дело с микроорганизмами. Еще Левенгук наблюдал, что в чистой воде их нет, но потом они все-таки появляются. Значит, думал Спалланцани, какие-то их зародыши несутся в воздухе. Как же закрыть им дорогу в банку?

А в это время другой ученый — сторонник теории самозарождения — тоже проводил опыт. Он взял бараний бульон, прокипятил его, налил в бутылку и заткнул пробкой. Через некоторое время он обнаружил, что в бутылке плавает множество микроорганизмов. Ученый решил, что он доказал существование самозарождения. Ведь кипячение убивает все микроорганизмы, пробка закрывает им дорогу из воздуха, но они все-таки оказываются в бутылке. Значит, они там и заводятся.

Но Спалланцани решил, что это плохой опыт. Зародыши микроорганизмов так малы, что могут проникнуть через пробку или через щель между пробкой и стеклом. И он изменил опыт. Он сделал бутылку с длинным и тонким горлышком, налил туда бараний бульон, вскипятил его, а потом нагрел горлышко на огне так сильно, что стекло расплавилось и закрыло вход в бутылку. Бутылка стояла очень долго, но когда раскололи горлышко и взяли каплю бульона под микроскоп, то в ней не обнаружилось никаких микроорганизмов. Спалланцани был уверен, что ему наконец удалось

повторить опыт Реди. Микроорганизмы не могут сами собой появиться из бульона. Они попадают туда из воздуха.

Спалланцани тоже делал контрольные бутылки, подобно тому как Реди оставлял один кувшин открытым. Одни бутылки он просто закрывал пробкой, а другие кипятил всего несколько минут, и в них обнаруживались микроорганизмы. Значит, чтобы убить все микроорганизмы, бутылку надо кипятить достаточно долго.

 Но его противники не сдавались. Они критиковали опыт Спалланцани, утверждая, что он, запаивая горлышко у бутылки, чтобы туда не мог проникнуть воздух, оставил там слишком мало воздуха. Дело в том, что при нагревании воздух расширяется и выходит из бутылки (в чем тут дело, вы узнаете на уроках физики), в бутылке его остается мало.

Человек не может жить без воздуха, может быть, и самозарождения не происходит, когда в бутылке мало воздуха — говорили противники Спалланцани. Тогда ученый изменил свой опыт. Он взял бутылку и сделал длинное горлышко с малюсенькой дырочкой. В холодную бутылку он наливал бульон и запаивал горлышко. А потом кипятил бутылку. Теперь воздуха над жидкостью было много, но микроорганизмы все равно не обнаруживались. Опыт Реди был повторен.

Но спор продолжался. Теперь противники Спалланцани придумали новое возражение. Они утверждали, что от кипячения в замкнутом сосуде погибает то живое вещество, из которого могли бы зародиться микроорганизмы, исчезает какая-то жизненная сила. Поэтому в таком бульоне, считали они, ничего и не могло появиться. Спор остался неоконченным.

На этом примере вы познакомились с часто встречающимся случаем в развитии науки — с научным спором или, как еще говорят, с *научной дискуссией*. Один ученый или группа ученых ставят свои опыты, делают свои выводы, а другие возражают против таких опытов или выводов. (Очень часто ученый ведет спор, так сказать, с самим собой. Он сам придумывает себе возражения, чтобы их опровергнуть, ставит новые опыты и т. д.) Такие споры бывают очень полезны, если ученые хотят выяснить истину, а не просто любой ценой доказать свою правоту. Так же бывает и в жизни, когда спорят два человека. Толк получается только в том

случае, когда они стараются понять противника и заинтересованы в том, чтобы установить истину, а не просто оставить за собой последнее слово.

В споре, о котором мы рассказывали, противники Спалланцани вместо серьезных доводов использовали чисто словесные возражения: они придумали какие-то фантастические «живое вещество», «жизненную силу», которых никто никогда не видел. Против таких возражений трудно серьезно спорить.

На этом же примере мы можем обсудить еще один важный вопрос: что доказывает опыт? Тут бывают разные ситуации. Иногда опыт дает четкий ответ на вопрос и полностью решает проблему. Так было, например, с опытом Реди. А иногда опыт не дает окончательного решения, и требуется ставить все новые и новые опыты, придумывать новые варианты, пока, наконец, не удастся найти верное решение проблемы.

А теперь мы зададим вам неожиданный вопрос: надо ли верить тому, что написано в книгах? Конечно, надо. Ведь человек не может все проверить сам, проделать все опыты, которые ставили ученые в течение 300 лет. Но, с другой стороны, в книгах писали, что мыши зарождаются из ила. Если бы Реди написал свою книгу, в ней сообщалось бы, что насекомые могут возникать из листьев растений. И дело тут не только в том, что автор книги может ошибаться. Дело еще и в том, что наука никогда не знает совершенно точно все на свете. Сегодня она знает больше, чем вчера, но что-то может оказаться неверным. Каждый год делают все новые открытия, которые как-то уточняют и исправляют старые знания. Да, книгам надо верить, но необходимо иметь в виду, что какие-то сведения могут быть неточными не по злой воле авторов (хотя бывает и так, что автор книги намеренно обманывает читателей).

КАКОЙ ТОЛК ОТ ЭТИХ НАУЧНЫХ СПОРОВ?

Есть старинный анекдот. Учитель вызывает ученика, у которого много братьев и сестер, масса домашних обязанностей, и задает ему вопрос: «Сколько ног у паука?» — «Мне бы Ваши заботы, господин учитель!» — отвечает ученик.

За этим анекдотом скрывается довольно распространенное мнение, что ученые занимаются какими-то своими делами, имеющими мало отношения к реальной жизни. Какая разница, сколько ног у паука? Для кого это важно? Какое значение для людей имеет

выяснение вопроса о том, зарождаются ли микроорганизмы сами по себе в бараньем бульоне или они имеют родителей?

Между тем очень часто бывает так, что выяснение научной истины по вопросу, который, на первый взгляд, касается только нескольких ученых, оказывается в какой-то момент важным для всех людей.

Так случилось и в споре Спалланцани с его оппонентами (оппонент — это противник в споре). Книгу Спалланцани прочитал французский повар Франсуа Аппер. Из этой книги он понял, что бараний бульон может стоять месяцами в запаянной бутылке и не прокисать. Он запаял в жестяные банки вареное мясо, бульон, зеленый горошек, абрикосы. Потом он долго кипятил банки. Через месяц он открыл банки и убедился, что все продукты пригодны для еды.

Это происходило в эпоху Наполеона. Была назначена специальная комиссия. Продукты держали в запаянных жестяных банках восемь месяцев, а потом попробовали. Все они оказались вполне съедобными. Так были изобретены консервы. Они были очень важны для армии, для наполеоновских солдат. Наполеон наградил Аппера двенадцатью тысячами франков. Аппер написал книгу «Искусство консервировать все растительные и животные продукты». Он построил первую консервную фабрику. И сегодня, когда вы увидите банку с консервами, вспоминайте Спалланцани, который хотел узнать, обязательно ли у микробов есть родители.

И СНОВА: ВОЗМОЖНО ЛИ САМОЗАРОЖДЕНИЕ?

Вы помните, что этот вопрос долго оставался без ответа. Ученые снова вернулись к нему примерно 100 лет назад. И ответ на него наконец-то был получен. Его дал знаменитый французский ученый Луи Пастер.

Вы помните, как Спалланцани высказал предположение, что в воздухе летают зародыши микроорганизмов? Это предположение так и оставалось недоказанным. А Пастер доказал эту гипотезу, придумав соответствующие опыты. (Попробуйте сами придумать опыты, которые тут надо было поставить.) Пастер доказал, что в городском воздухе летает множество микробов, а в чистом горном воздухе микроорганизмов или их зародышей очень мало.

Кроме того, Пастер наконец-то придумал, как опровергнуть слова о том, что кипячение убивает то живое вещество, из которого

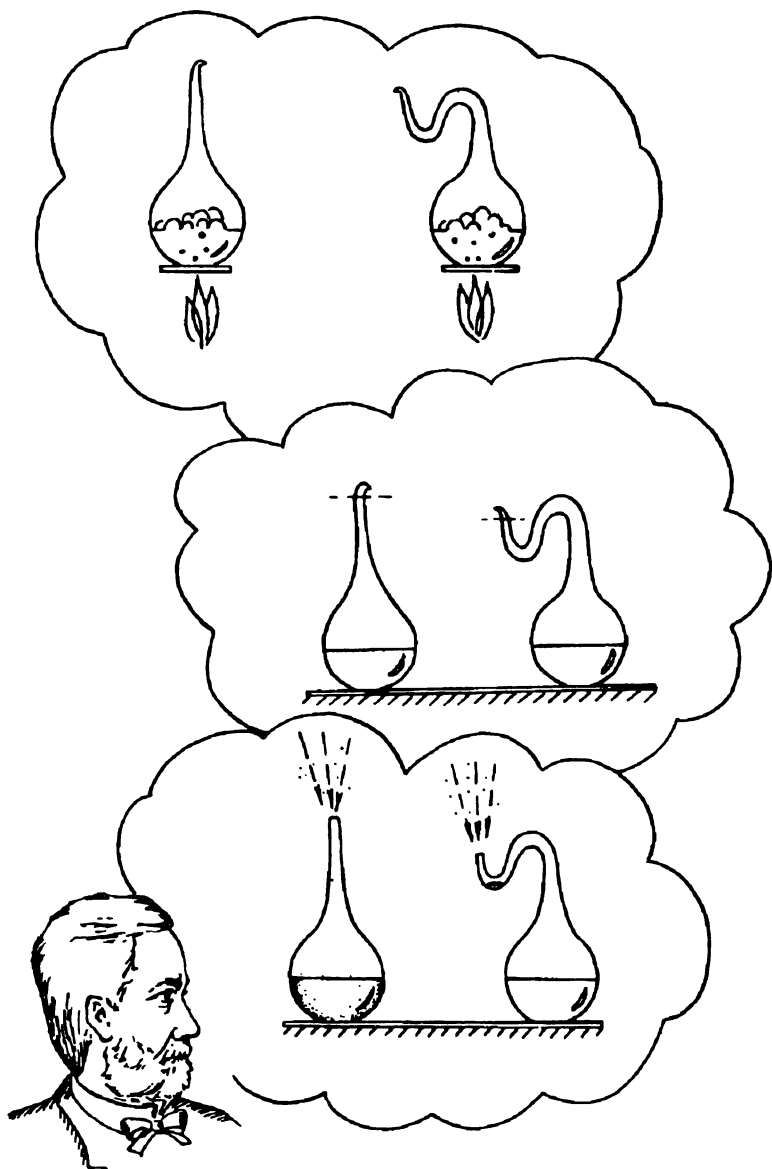


Рис. 9. Опыт Пастера с колбами, имеющими разную форму горлышка

якобы возникают микроорганизмы. Он взял две колбы с бульоном, горлышки которых были запаяны, и прокипятил их. При этом форма трубок, отходящих от горлышек, была разной (рис. 9). У одной колбы была прямая трубка, а у другой — с изгибом. После кипячения Пастер отломил самые кончики трубок. В колбе с прямым горлышком вскоре появились микроорганизмы. А в колбе с изогнутым горлышком их не было. Этот результат Пастер объяснил тем, что зародыши микроорганизмов, которые летают в воздухе, оседали в нижней части изогнутой трубки и не попадали в бульон. (Проведите сами рассуждение, почему после этого опыта нельзя было повторять доводы про «убитое» живое вещество.)

Итак, казалось, что возможность самозарождения окончательно опровергнута. Микробы тоже имеют родителей.

Но история спора о самозарождении на этом не кончилась.

Другие ученые повторили опыт Пастера, но только в колбы они помещали не мясной бульон, а настой сена. На этот раз после кипячения даже в колбах с изогнутым горлышком обнаруживались микроорганизмы. «Значит, в мясном бульоне самозарождения нет, а в сенном настое есть», — говорили противники Пастера. (Попробуйте придумать сами, в чем тут может быть причина отличия.)

Пастер разгадал и эту загадку. Оказалось, что в сенном настое существуют особые микроорганизмы, их называли «сенная палочка». Эта палочка (а точнее, ее споры — «зародыши») выдерживает кипячение и не погибает. Когда же Пастер прокипятил сенной раствор при температуре не 100, а 120°C, споры палочки погибли и никакой жизни в растворе не обнаружилось.



Здесь, конечно, возникает вопрос, как Пастеру удалось довести температуру кипящей воды не до 100, а до 120°C. Поговорите об этом с учителем физики. (Кстати, вода может закипеть и при комнатной температуре.)

Теперь вам известен один из важных результатов, к которому пришла наука 100 лет назад: *все животные и растения имеют родителей, микроорганизмы возникают от микроорганизмов, клетки получают только из других клеток.* Этот вывод точный,

сейчас мы понимаем, почему так происходит, как понимаем смену дня и ночи. Дальше мы подробно разберем причины этого.

Но тут возникает еще один важный вопрос. Если всякая клетка получается только от клетки, то откуда же взялась самая первая клетка? Этот вопрос мы тоже отложим на потом.

Вы уже знаете, что иногда аргументом в споре являются не опыты и не факты, а выдуманные слова, с которыми трудно спорить. К сожалению, через сто лет после опытов Пастера в нашей стране нашлись люди, которые снова стали утверждать, что клетки могут возникать сами собой из «живого вещества», а академик Т. Д. Лысенко даже утверждал, что из яиц пеночки может выводиться кукушонок (кстати, вы знаете, как на самом деле появляется кукушонок в гнезде пеночки?) или что капуста может превратиться в репу, ель — в сосну, а рожь — в пшеницу. Как могло случиться, что с помощью слов опровергались факты, давно и хорошо доказанные? Это связано с тем, что на науку могут влиять политические события. Некоторых ученых тоже можно заставить какое-то время слушать и повторять неверные утверждения, которые зачем-то нужны начальству. Но истина в конце концов всегда побеждает.

КАК РАЗМНОЖАЮТСЯ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ

Вы уже знаете, каким замечательным способом размножаются одноклеточные. Материнская клетка, достигнув некоторого размера, делится на две дочерние клетки. Когда эти клетки вырастут, каждая из них снова делится пополам и т. д.

Этот способ замечателен тем, что после размножения не остается взрослых организмов. Это все равно как если бы кошка вдруг разделилась на двух котят и никакой взрослой кошки не осталось бы. А кроме того, при этом способе размножения никто не умирает. Нет старых организмов. Из взрослого получается два молодых. Как только они вырастут, так опять поделятся пополам.

Наверное, вам понятно, почему взрослую клетку называют материнской, а ее потомков — дочерними: они тоже будут давать потомство. А люди привыкли, что потомство (дети) рождается у

дочерей. Выходит, что у одноклеточных вроде бы совсем нет сыновей. Дальше мы разберемся, верен ли этот вывод.

Итак, одноклеточные придумали замечательный способ размножаться. Слово «придумали» имеет здесь условный смысл, совсем иной, чем когда мы говорим, что человек придумал телевизор. Когда мы говорим: природа что-то придумала, бактерии что-то придумали, мы употребляем это слово для краткости и образности выражения.

Существует легенда об изобретателе шахмат. Будто бы придумал их один мудрец в Древней Индии. А в этой стране очень часто бывает голод. Игра очень понравилась правителю страны, где жил мудрец. Этот правитель вызвал к себе мудреца и спросил его: «Какую награду ты хочешь получить за эту замечательную игру?» И мудрец ответил: «Положи на первую клетку два зерна пшеницы, на вторую четыре, на третью восемь и т. д. Эти зерна и будут мне наградой». Все удивились ничтожности просьбы, а правитель легко согласился дать такую награду. В его подвалах были большие запасы зерна, и ему казалось, что они не слишком сильно убудут. Но выяснилось, что выполнить просьбу мудреца совсем не так просто. Правителю пришлось отдать ему все свое зерно, а мудрец передал его голодающим людям. Эта легенда описана в разных книгах и прозой, и стихами:

На первой клетке два зерна,
Четыре на второй,
На третьей восемь, а потом
Число опять удвой.

Какое отношение имеет эта легенда к нашей теме? Самое прямое. Давайте предположим, что одноклеточное существо делится всего 10 раз в сутки. Пусть оно имеет длину всего 0,1 мм, а значит, его объем примерно равен $1/1000 \text{ мм}^3$. Давайте посмотрим, какой объем займут потомки всего одной клетки, например, через неделю.

 Количество клеток после очередных делений будет образовывать такой ряд чисел:

Номер деления	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество клеток	2	4	8	16	32	64	128	256	512	1024

Постройте график зависимости числа клеток от номера делений. Если вы не знаете, что такое график, узнайте у учителя математики.

Мы видим, что к концу первых суток (пусть это был понедельник) клеток станет больше 1000, все вместе они займут немного места — всего 1 мм³. Посмотрим, что получится во вторник. Из одной клетки появятся примерно 1000 новых, и объем опять увеличится в 1000 раз. Теперь потомки одной клетки займут объем в 1 см³. В среду это будет уже 1 дм³, или 1 л. В четверг объем возрастет до 1 м³, в пятницу — до 1000 м³, в субботу — до миллиона кубометров, а в воскресенье — до миллиарда кубометров. Потомки микроскопического одноклеточного существа за неделю заполняют куб с ребром в целый километр.

Но ведь на самом деле в каждой луже вовсе не одна клетка и размножаются они не одну неделю. Почему же вся Земля не завалена горами одноклеточных организмов?

Задача. Известно, что одноклеточное делится пополам каждую секунду, за минуту его потомки заполняют целый стакан. За какое время заполнится стакан, если в него посадить не одну, а две клетки?

А теперь давайте перейдем к многоклеточным организмам. Они устроены гораздо сложнее и поэтому им очень трудно поделиться пополам (представьте себе, что такая задача стоит перед слоном или даже жуком!). И вот эти организмы придумали (помните, в каком смысле мы употребляем это слово?) совершенно иной способ размножения, прямо противоположный способу размножения одноклеточных.

У одноклеточных при размножении из одной клетки в результате деления получаются две. У многоклеточных же при размножении в результате слияния двух клеток получается одна новая клетка.

Тут вы можете справедливо удивиться: ничего себе размножение! Было две клетки, а получилась одна! Это же не размножение, а уменьшение. И вы будете отчасти правы, но только отчасти.

Во-первых, если у одноклеточных при размножении материнская клетка исчезает, то у многоклеточных родители остаются в целости. Родителей обычно два: отец и мать. Каждый из них вырабатывает специальную клетку, предназначенную для размножения. И даже

если потомок будет всего один, то вместе с родителями уже получится три организма.

Во-вторых, достаточно часто родители производят много клеток, предназначенных для размножения. Наверное, большинство из вас видело икру рыб или икру лягушек — это множество клеток, предназначенных для размножения.

Клетки, которые многоклеточные организмы вырабатывают для размножения, называют половыми клетками. Как правило, имеются два типа половых клеток. Один тип — это большие клетки с запасом питательных веществ для развития потомства, их называют *яйцеклетками*. Икринки рыб или лягушек — это яйцеклетки. Организмы, вырабатывающие яйцеклетки, называются *самками*. Существует другой тип половых клеток — это маленькие подвижные клетки, которые умеют активно плавать; они подплывают к яйцеклеткам и сливаются с ними. Эти клетки называют *сперматозоидами*. А организмы, вырабатывающие сперматозоиды, называются *самцами*. (Слово «сперматозоид» — составное; оно состоит из двух греческих слов: «сперма», т. е. семя, и «зоо» — животное; так что это слово означает «семя животного».)

Сперматозоиды были открыты А. Левенгуком. (Мы надеемся, что вы его еще не забыли!)

Самки рыб или лягушек откладывают в воду икру, а самцы выпускают в воду сперматозоиды, которые подплывают к икринкам и сливаются с ними. Такое слияние двух половых клеток называется *оплодотворением*.

Такой способ размножения многоклеточных называют *половым размножением*; самок называют иначе представителями *женского пола*, а самцов — представителями *мужского пола*.

Нетрудно догадаться, что то, о чем мы здесь написали, является результатом работы многих ученых. А мы лишь сообщили результат, не рассказывая подробно про весь путь, который к нему привел.

У многоклеточных животных кроме полового есть еще и другой способ размножения, который называют *вегетативным размножением*. Он состоит в том, что из части клеток родительского организма формируется новый организм. Например, из корня растения вырастает новый побег. Такой способ размножения встречается и у некоторых животных.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ЖИВОГО МИРА

§ 1. Биологическая классификация

ОБЩЕЕ ПОНЯТИЕ О СИСТЕМАТИКЕ

Если вы действительно собирали, как мы просили, разные растения и смотрели, у каких из них лучше всего видны клетки, перед вами должна была возникнуть сложная проблема: узнать, как называются эти растения.

Как решить эту проблему? Дальше мы подробно обсудим этот вопрос.

Первобытным людям приходилось встречаться с различными растениями. Постепенно они выясняли на опыте, какие растения съедобны, какие, напротив, ядовиты. Такие знания передавались от поколения к поколению. Со временем растениям были даны какие-то названия. Некоторые растения люди стали выращивать сами. Но важных для жизни людей растений было не слишком много, и серьезной проблемы с их названиями не возникало.

Потом люди начали ездить в разные страны, они видели чужеземные растения, привозили какие-то из них домой. Растений, известных людям, становилось все больше и больше. Были довольно подробно описаны тысячи, потом десятки тысяч растений. Запомнить их все стало невозможно. Накопленные знания надо было привести в какой-то порядок.

Все сказанное о растениях относится и к животным. Сейчас разных растений и животных известно уже несколько миллионов. Если же ученый находит какое-то растение или животное, которое ему неизвестно, перед ним возникает та же проблема, что и перед вами, — ему надо узнать, что это за животное, описано ли оно или, быть может, он открыл что-то совсем новое. (А новые растения и неизвестных ранее животных люди находят и описывают каждый год.)

Пока организмов было известно мало, их описания и рисунки помещались в одной книге. При этом их располагали, например,

по алфавиту. Но для задачи, которая нас интересует, такой способ мало что дает. Ведь у вновь пойманного животного на лбу не написано, с какой буквы начинается его название. Значит, такое описание животных и растений для нашей цели не годится. А просто искать растение по рисунку в книге тоже слишком трудно. Если в книге миллион страниц, то их придется слишком долго листать (прикиньте, сколько времени уйдет на это, если каждый рисунок вы будете разглядывать всего одну секунду).

Надо было найти какой-то другой способ.

Давайте разберем теперь такую ситуацию. В школу записывают первоклассников. Первых тридцать человек записали в 1 «А». Тех, которые пришли позднее, — в 1 «Б». А кто пришел еще позднее — в 1 «В».

Директору школы известно, что первоклассники первое время легко теряются, а учителя еще недостаточно хорошо их знают. Поэтому директор предложил такой прием. Учительница 1 «А» попросила родителей пришить ученикам на левый рукав синюю полоску и повесила на дверь своего класса синий квадратик, учительница 1 «Б» выбрала зеленый цвет, а учительница 1 «В» — желтый.

И вот в коридоре бегают сто первоклассников, но учителя сразу узнают, кто из какого класса, — по ленточке на рукаве.

Задача учителей в этом примере состояла в том, чтобы разделить ребят по классам, узнать, кто из какого. Для этого каждый ученик был снабжен четким отличительным признаком — ленточкой определенного цвета.

Такой процесс, когда людей, или предметы, или какие-то другие объекты делят на группы, причем в одну группу попадают объекты, имеющие определенный признак, называют классификацией (делением на классы).

Конечно, в нашем примере признак (цвет ленточки) достаточно случаен; да и сами классы образованы случайным образом — если бы ученик из 1 «В» пришел записываться в школу раньше, то он попал бы в 1 «А». Случайные признаки легко могут подвести при узнавании. Например, одному первокласснику мама сказала: «Запомни свою учительницу — она в синем платье». А на следующий день он не смог ее узнать, потому что она пришла в коричневом платье. Цвет платья — это признак случайный.

Итак, признаки, по которым можно было бы проводить классификацию, бывают плохими и хорошими, удачно или неудачно

выбранными. Выделить приемлемые для классификации признаки часто бывает совсем не просто.



В Древней Греции жил такой мудрец — Сократ, который вел публичные беседы и споры с другими философами (и не только с ними). Однажды он предложил им дать определение, что такое человек. Иными словами, указать такие признаки, которые отличают человека от всего остального, что есть в мире. Собеседник Сократа предложил такое определение: «Человек — это двуногое существо без перьев». Сократ на это ничего не возразил, но на следующую встречу принес в мешке ощипанного петуха и в надлежащий момент выпустил его из мешка со словами: «Вот твой человек». (Сократ был приговорен к смерти и умер, выпив, согласно приговору, яд цикуты. Кстати, что это за растение? За что судили Сократа?)

Иногда какой-то признак кажется хорошим, а потом выясняется, что он неудачен. Мы уже говорили, что до некоторых пор ученые считали млекопитающих животными, которые выкармливают детенышей молоком и не откладывают яиц, в отличие от птиц, ящериц, черепах и крокодилов. Но после открытия утконоса оказалось, что некоторые млекопитающие могут откладывать яйца.

Вместе с тем на первый взгляд кажется, что для многих млекопитающих удачным признаком можно считать четвероногость. И кошка, и корова, и заяц, и утконос имеют четыре ноги. Можно, конечно, сказать, что человек является исключением — у него всего две ноги. Но мы немножко «исправим» этот признак и будем говорить, что у млекопитающих не четыре ноги, а четыре конечности (и руки, и ноги называют конечностями). Однако оказывается, что и этот признак не обязателен для млекопитающих.

Еще великий ученый Древней Греции Аристотель знал, что среди морских животных есть такие, которые внешне похожи на рыб, но на самом деле отличаются от них — это киты и дельфины. (Дельфины — действующие лица многих древних мифов. Каких?) Аристотель писал, что киты и дельфины — это не рыбы, потому что у них «теплая кровь», т. е. температура их тела выше, чем у окружающей воды, в то время как у рыб «холодная кровь», и, кроме того, киты и дельфины рожают детенышей, которых они

выкармливают молоком. Значит, киты и дельфины — это млекопитающие. Но у них нет четырех конечностей.

К тому же четыре лапы имеют лягушки и крокодилы, которые не относятся к млекопитающим.

Значит, надо искать такой признак, который есть у всех объектов одного класса (в нашем примере — у млекопитающих) и которого нет у других объектов. С этой точки зрения кормление молоком — хороший признак, а четвероногость — неудачный. Но иногда трудно найти один хороший признак и приходится сразу указывать несколько. Только все вместе они определяют какой-то объект, отделяя его от других.

Но ведь можно сказать и так: «Млекопитающие — это такие животные, которые кормят детенышей молоком, теплокровные, большинство из них имеет четыре ноги». Сам по себе признак теплокровности не годится, так как птицы тоже теплокровные, но этот признак помогает сравнительно легко отделить млекопитающих от других животных, кроме птиц.

Итак, первая идея, которую мы уже несколько обсудили, — разделить животных и растения на группы, а сами группы описывать удачными признаками.

Тогда, найдя новое животное или растение, надо посмотреть, какими признаками оно обладает, и искать его среди тех организмов, у которых есть такие признаки. А значит, и в книгах надо располагать растения и животных не по алфавиту, а по признакам.

Вероятно, вы слышали такое слово «тест». Тесты — это специально подобранные упражнения, с помощью которых проверяют знания человека, его умение думать, фантазировать и т. д.

Есть такой известный тест — «четвертый лишний». Испытуемому дают карточку, на которой изображены четыре предмета, и говорят: «Укажи, какой предмет тут лишний». Фактически ему предлагают провести классификацию, т. е. найти такой признак, который есть у трех предметов и отсутствует у четвертого.

Однажды испытуемым дали следующие четыре рисунка: саблю, пистолет, пилотку и утюг. Большинство ребят решили, что лишний предмет здесь утюг. Они рассуждали так: первые три предмета имеют отношение к военным, а четвертый не имеет. Но вот один из школьников сказал, что лишний предмет — это пилотка. Он рассуждал так: если уронить эти предметы на пол, то от сабли, пистолета и утюга будет довольно громкий стук, а от пилотки звука почти не будет. Тогда спросили школьников: кто же правильно

указал лишний предмет? Большинство говорило, что правы те, кто лишним назвал утюг. Но некоторые стали говорить, что лишняя тут пилотка. Они приводили такой аргумент: дело тут не просто в звуке; почему от сабли, пистолета и утюга будет громкий стук? Потому, что они сделаны из металла. А вот пилотка — не металлическая, а значит, она лишняя.

На самом деле правы и те и другие. Предметы можно классифицировать разными способами, смотря какой признак выбрать для классификации. Когда ребятам давали тест, им не указали, по каким признакам надо вести классификацию. Если для классификации выбрать признак «имеет отношение к военным», то мы получим первую классификацию, а если выбрать признак «сделаны из металла», то вторую.

Заметим, что классификация встречается не только в науке. Когда человек говорит: «Николай Иванович добрый», он тоже проводит классификацию. Он делит людей на две группы: «добрые» и «недобрые», и относит Николая Ивановича в первую группу. Более того, когда ребенок узнает смысл слов, он фактически тоже учится классификации. Например, малыш узнал слово «кошка» и понял его смысл. Это означает, что он научился делить животных на две группы: «кошки» и «не кошки», усвоил какие-то признаки, характерные для кошек. Поэтому можно сказать, что когда мы произносим какие-то слова и фразы, то мы тем самым очень часто что-то классифицируем.

Между тем для решения задачи, которую мы перед собой поставили, одной идеи классификации недостаточно.

Например, мы видим, что у растения есть цветок. Это очень важный признак. Он разделяет растения на две большие группы: одну — с цветками, а другую — без цветков. Но эти группы слишком велики, и найти нужное нам растение все равно очень трудно.

А теперь мы расскажем вам про одну игру. В нее можно играть вдвоем или целой компанией. Один человек загадывает. Он может загадать имя ученого, музыканта, или название города, или животное. Он говорит: я загадал название города. Второй играющий должен отгадать задуманное, при этом он может задавать любые вопросы, но загадавший может отвечать только «да», «нет», «вопрос неверен».

Давайте разберем эту игру на конкретном примере. Пусть загадавший сказал: я задумал средство передвижения. Какой первый вопрос стоит ему задать, чтобы поскорее угадать, что он задумал

(у этой игры есть одно условие: нужно обойтись наименьшим количеством вопросов)? Можно спросить вот о чем: оно служит для передвижения по земле, по воде или по воздуху? Конечно, мы должны задавать каждый из этих вопросов по очереди. Пусть из ответов мы выяснили — по воде. Дальше мы можем задать такой вопрос: есть ли у этого средства передвижения мотор? Ответ: нет. Есть ли у этого транспорта парус? Ответ: нет. Есть ли у этого корабля гребцы? Ответ: нет. Двигается ли этот корабль по течению? Ответ: да. Но мы знаем, что в море с помощью течения не плавают на кораблях или лодках, все они имеют или мотор, или парус, или весла. Тогда, скорее всего, речь идет о передвижении по реке. Задаем вопрос: это речное судно? Ответ: нет. Это морское средство передвижения? Да. Тут начался спор, что такого не может быть. Но оказалось, что загадавший сначала собирался выбрать «плот» (тогда это было бы речное средство передвижения, и мы были близки к тому, чтобы его угадать), но потом передумал и загадал «бревно, на котором спасается человек, потерпевший кораблекрушение». Тут мы, конечно, возмутимся и будем утверждать, что бревно — это не средство передвижения, что его не для того делают, что оно оказалось в море случайно, и т. д., как обычно спорят, когда играют в игру.

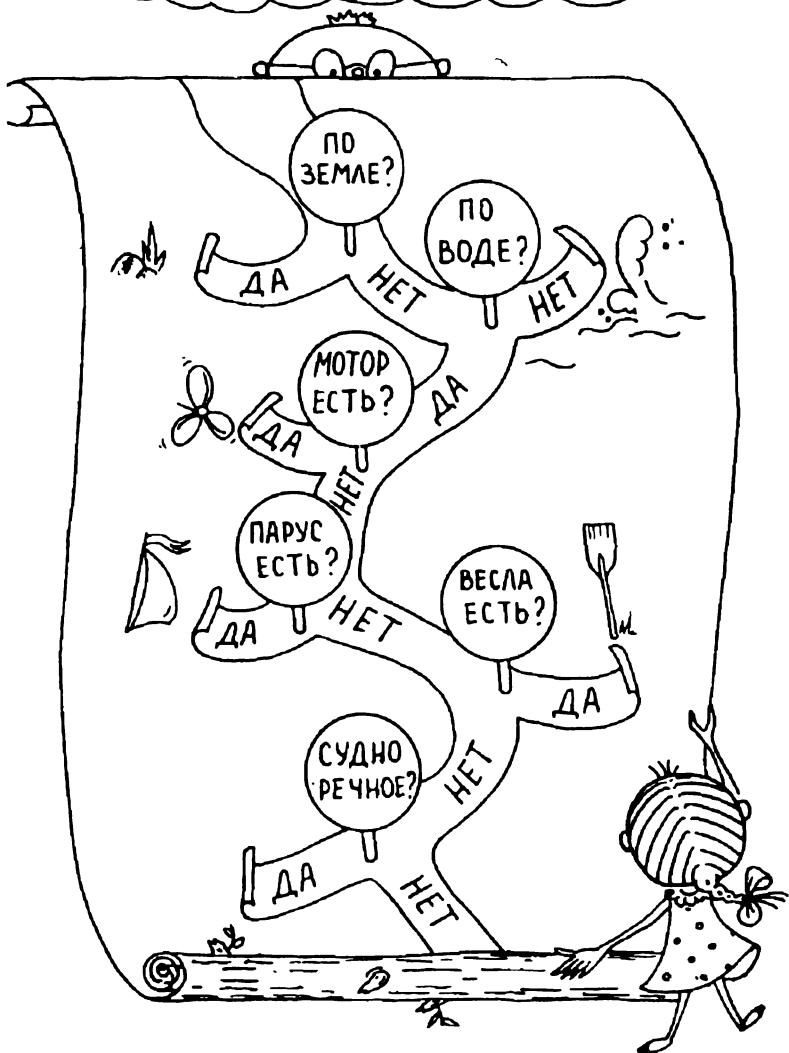
Но оставим спор в стороне. Посмотрим, как можно изобразить на рисунке ход задавания наших вопросов (рис. 10).

Вы видите, что получилось «дерево»: его ствол вверх, а вниз идут ветки. Некоторые пути оказались тупиковыми, а по другим мы дошли до цели.

Какое отношение имеет эта игра к нашей проблеме: определить название какого-нибудь растения или животного? Самое прямое: мы называем и находим некоторые признаки и по «дереву признаков» добираемся до цели.

В чем основная идея поиска цели в нашей игре? Это идея иерархии. (Это слово пришло из политики: там с его помощью описывают власть, где на высшей ступени один властитель, например король, на следующих ступенях губернаторы провинций и т. д.; слово имеет общий корень с такими словами, как «монархия», «анархия» и т.п.) Идея иерархии состоит в том, что сначала мы делим все средства передвижения на несколько основных групп (наземные, водные и воздушные), затем каждую из этих групп делим на несколько меньших групп, каждую из этих более мелких групп в свою очередь делим на несколько и т. д. При этом мы

СРЕДСТВО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ



**Рис. 10. «Дерево» поиска в игре «Да — нет»
про средства передвижения**

указываем признаки, по которым предмет можно отнести в одну из основных групп. Затем мы ищем следующий признак, по которому его можно отнести в одну из групп следующего этажа, и т. д. Иными словами, этот процесс можно описать так: дойдя до развилки дерева, мы ищем следующий признак, который показывает, по какой ветви мы должны идти.

Вот теперь мы уже близки к цели — к пониманию того, как «устроена» книга, с помощью которой можно узнать название нужного нам растения или животного (такие книги называют *определителями*).

Но вернемся к нашей игре. В разобранном примере нам повезло. Загадывающий мог задумать не «плот» и не «бревно». Он мог задумать, например, автомобиль-амфибию, который ходит и по земле, и по воде (для таких случаев и предусмотрен ответ «вопрос незаконен», если мы будем требовать ответа: или по земле, или по воде; на самом деле и по земле, и по воде). Надо иметь в виду такую возможность.

Один раз загадывающий задумал «лунный модуль, на котором американские космонавты опускались на Луну». А у нас только «по земле, по воде и по воздуху». Значит, наши группы охватывают не все возможности; нам надо было бы сделать еще группу «все остальные средства». А один мальчик задумал «метро». Пришлось одну группу переименовать: «по земле и под землей», а другую переименовать «по воде и под водой» (вдруг кто-то загадает подводную лодку). Вот так постепенно можно построить хорошее дерево, в котором учтены все средства передвижения.

Заметим, что мы могли бы строить дерево совершенно иначе. Например, разделить сначала все средства на группы: «транспорт с мотором»; «транспорт, движущийся за счет ветра и течения»; «транспорт, движущийся за счет мышц человека или животных» (галера, телега, верблюд, слон и т. д.). А потом каждую группу можно делить на меньшие. Значит, «дерево» можно строить разными способами. Возникает вопрос: какой способ лучше? Или все способы одинаковы?

Тот же самый прием иерархической классификации можно изобразить совсем другим образом. Как почта находит адресата? Представьте себе карту страны. Она разделена на несколько больших частей, например на штаты, области или края. Каждая область разделена на районы. В районе можно указать населенный пункт, на нем улицу, номера дома и квартиры. Мы могли бы таким же

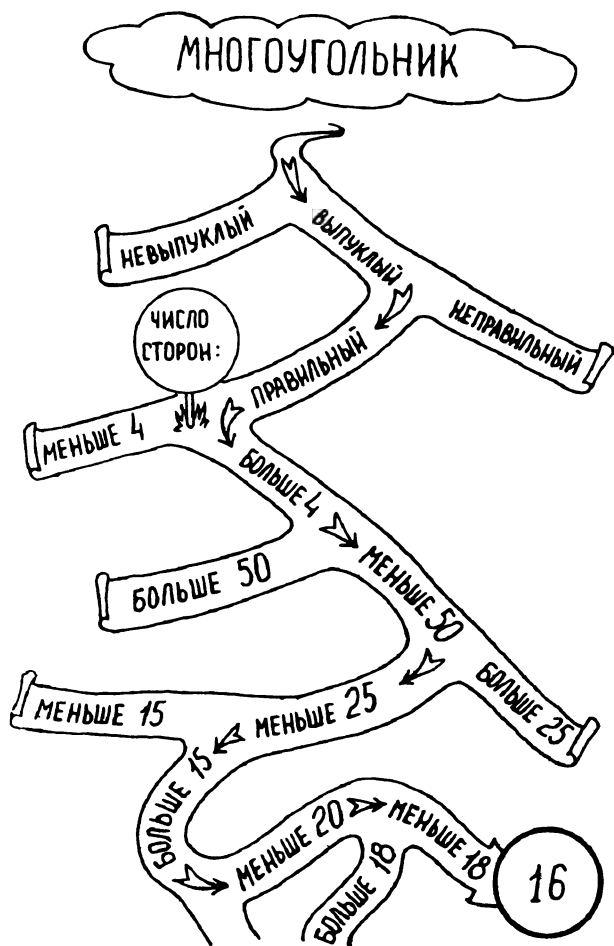


Рис. 11. «Дерево» поиска в игре «Да — нет» про многоугольники

образом изобразить наш поиск средств передвижения. Мы взяли карту — прямоугольник, изображающий все средства передвижения, поделили бы его на четыре «области»: «на воде и под водой», «на земле и под землей», «в воздухе» и «все остальные». Каждый участок мы разделили бы на меньшие участки и т. д. В конце концов мы пришли бы к тому же «плоту».

Давайте еще раз вернемся к нашей игре. Пусть человек загадывает многоугольники. (Он загадал «правильный шестнадцатигугольник», но это пока секрет.) Построим такое дерево. Разобьем все многоугольники на выпуклые и невыпуклые (рис. 11). Ответ: выпуклый. Вопрос: правильный или неправильный? Ответ: правильный. Вопрос: число сторон больше четырех? (Обычно загадывают треугольник или квадрат.) Ответ: больше. Вопрос: оно больше 50? Ответ: меньше. Теперь мы знаем, что число сторон больше 4, но меньше 50. Как нам быстрее узнать задуманное число? Удобно поступить так: разделим 50 пополам и спросим: число сторон больше 25? Ответ: меньше (значит, от 5 до 25). Разделим этот интервал еще раз пополам. Больше 15? Ответ: больше. Делим промежуток от 15 до 25 пополам. Больше ли 20? Меньше. Осталось только 16, 17, 18 и 19. Больше 18? Меньше. 16? Да.

А если бы человек загадал не 16-угольник, а 500-угольник, долго ли нам пришлось угадывать? Придумайте сами способ, как найти число 500, задавая минимум вопросов.

Мы хотели объяснить вам, что иерархическая система позволяет довольно быстро добираться до цели.

Возьмем листок бумаги. Сколько раз его надо разрезать пополам, чтобы получить такой маленький кусочек, который уже трудно увидеть? Наверное, вы думаете, что потребуется тысяча делений. Но попробуйте поставить такой опыт. Сколько у вас получится?

Вспомните задачу про деление клетки, когда после не такого уж большого числа удвоений потомство заполнило целый кубический километр. Деление листа бумаги пополам позволяет так же быстро добраться до одной молекулы.

(Постройте график зависимости площади кусочка бумаги от числа его делений, если вначале был взят тетрадный лист.)

Давайте напишем адрес, начиная со всей нашей Галактики (это скопление миллионов звезд), в которой мы живем.

*Наша Галактика.
Солнечная система.
Планета Земля.
Россия.
Псковская область.
Локнянский район.
Поселок Локня.
В. Григорьевой.*

Вы видите, что, хотя мы начали с огромной Галактики, нам потребовалось всего восемь строчек, чтобы указать адрес определенного человека.

Очень советуем поиграть в игру, которую мы вам предложили, и потренироваться в построении различных иерархических классификаций.

Теперь мы немного расскажем вам, как биологи классифицируют живые организмы. Сначала их делят на самые крупные группы, которые называют «царства». Дальше мы опишем, какие есть более мелкие группы на примере «адреса» человека в этой системе.

(по-русски)

(по-латыни)

ЦАРСТВО	Животные	REGNUM	Animalia
ТИП	Хордовые	TYPUS	Chordata
КЛАСС	Млекопитающие	CLASSIS	Mammalia
ОТРЯД	Приматы	ORDO	Primates
СЕМЕЙСТВО	Люди	FAMILIA	Hominidae
РОД	Человек	GENERUS	Homo
ВИД	Человек разумный	SPECIES	Homo sapiens

Принцип иерархии — одно из замечательных изобретений человечества. Он позволяет построить некоторое «дерево» и быстро добираться до цели в самых разных системах.

Мы указали, что по этому способу пишется адрес на конверте. По этому же способу указывается и момент времени. Например, XX век, 1992 год, октябрь, ..., т. е. век, год, месяц, неделя, день недели, час, минута, секунда.

Когда мы пишем «1992 год», то мы тоже используем принцип иерархии: первая цифра из четырех указывает число тысяч, вторая — сотен и т. д.

Задача. Постройте «дерево», указывающее путь к числу 123 среди всех трехзначных чисел.

ЕСТЕСТВЕННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ

Вы уже знаете, что для одной и той же группы предметов можно построить разные классификации. Какая из них лучше? Как ее найти?

Выбор системы классификации зависит от той задачи, которую мы перед собой ставим. Если мы хотим составить определитель,

т. е. иметь такой справочник, который позволяет быстро найти в нем какое-то животное или растение, то лучше тот справочник, который позволяет сделать это быстро и без ошибок. В качестве признаков в этом случае следует выбирать те, которые легче обнаружить («имеет четыре ноги», «покрыт шерстью» и т. д.).

Но, составляя такие определители, ученые заметили, что животные, как и растения, часто сходны между собой, образуют какие-то группы, и, значит, это не просто случайное скопление разнообразных объектов. Исследователи задумались над причинами такого сходства.

Когда-то считалось, что все организмы сотворены Богом, и сходство объясняли тем, что Бог создавал организмы по некоторому плану. Тогда ученые пытались угадать этот план и расположить все организмы в соответствии с ним.

В дальнейшем в науке появилась совершенно иная идея. Было установлено, что когда-то на Земле жили одни организмы, потом многие из них вымерли (рис. 12), зато появились новые — потомки древних организмов. Зачастую они были устроены иначе, чем их предки, но имели с ними какое-то сходство. Этот процесс постепенного изменения организмов называли *эволюцией*. С точки зрения эволюции сходство разных организмов объясняется тем, что они являются потомками одних и тех же предков. Возникла новая идея построить такую систему классификации, которая отражала бы родство организмов, их происхождение. Эту систему классификации называют *естественной классификацией*.

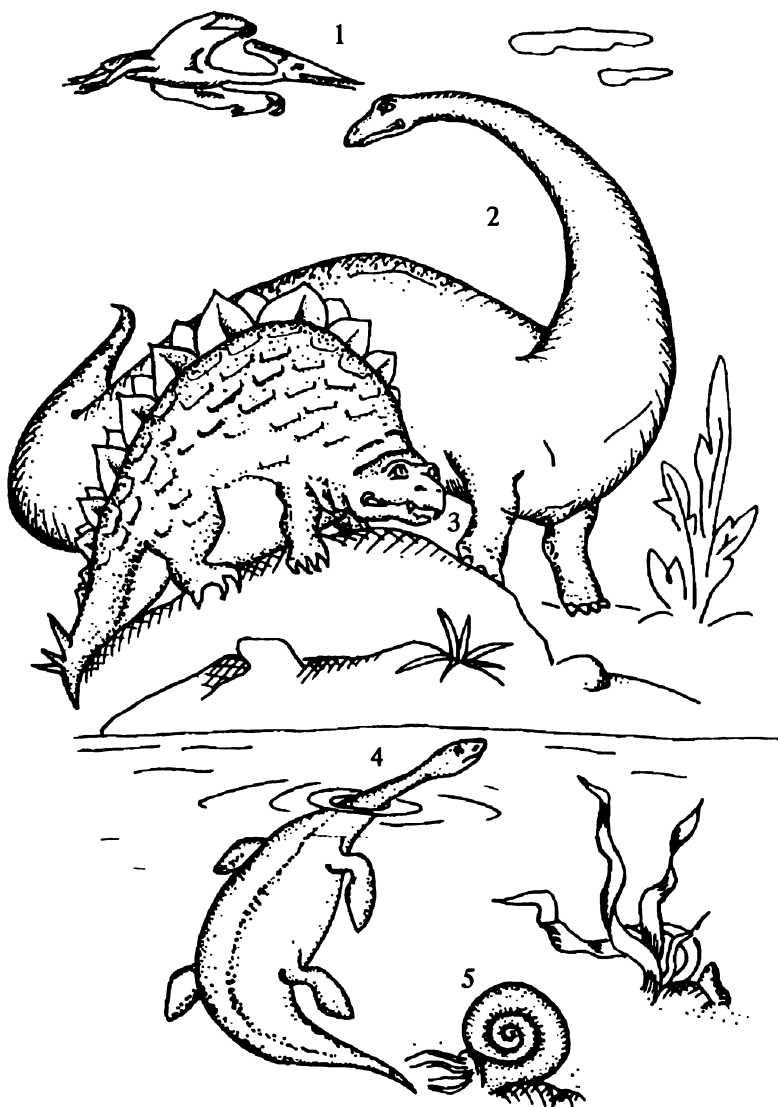
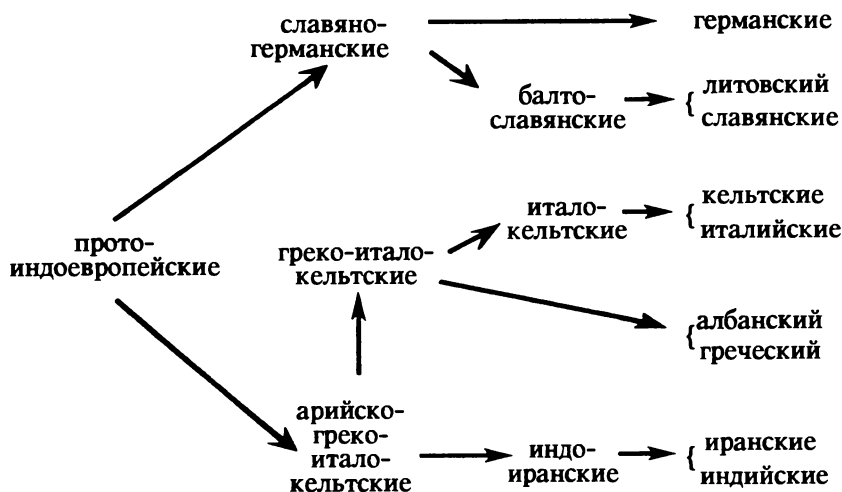


Рис. 12. Вымершие животные, когда-то населявшие Землю:

1 — летающий ящер (птеродактиль); 2 — гигантский ящер (бронтозавр), имевший длину до 18 м и вес до 40 т; 3 — гребенчатый ящер (стегозавр); 4 — ящер, живший в воде (плезiosaвр); 5 — головоногий моллюск — родственник осьминогов (аммонит)



«Дерево» языков А. Шлейхера

Ⓜ Надо сказать, что естественная классификация возможна не только в биологии. Например, языки разных народов тоже претерпевали эволюцию: одни языки исчезали («вымирали»), возникали новые. Специалисты по языкам тоже строят естественные системы классификации, сравнивая слова, имеющие одинаковый смысл, и используют другие приемы (расшифровка древних надписей и т. д.). Вот такое «дерево» языков предложил более ста лет тому назад немецкий лингвист А. Шлейхер.

Очень интересно, что эволюционируют, т. е. изменяются, развиваются, не только языки или организмы, но и сами классификации.

Вспомните, когда мы строили классификацию средств передвижения, то говорили, что она меняется, совершенствуется по мере игры. Кто-то называет средство передвижения, про которое другие участники игры забыли. А может быть и такой случай, когда инженеры создают новый способ передвижения или историки открывают какой-то способ, использовавшийся людьми в древности. Тогда приходится менять и систему классификации.

То же самое происходило и в науке. Открывали новые растения и новых животных; это требовало улучшить классификацию, как-то изменить ее, найти новым организмам место в системе. Но даже если взять известных животных, то и для их классификации использовали все новые и новые признаки. Сначала ученые применяли признаки внешнего строения, затем стали сравнивать устройство внутренних органов (сердца, легких, кишечника и т.д.). Потом открыли клетки и стали учитывать особенности устройства клеток. А сейчас при классификации используют даже сходство и различие в устройстве молекул разных организмов.

Задачи. 1. Придумайте четыре картинки, где одна лишняя, и посмотрите, какие ответы дадут ваши товарищи. (Пусть каждый напишет ответ на бумажке — слово, обозначающее лишний предмет.)

Потом обсудите в классе, какая задача получилась наиболее удачной (например, на какую задачу было получено наибольшее число разных ответов, или какую задачу большинство ребят считают интересной).

Желательно, чтобы среди рисунков был хотя бы один рисунок животного или растения.

Самую лучшую задачу пришлите, пожалуйста, авторам учебника.

2. Про шведского ученого Линнея рассказывают, что однажды он поспорил со своей женой о том, как надо классифицировать и раскладывать одежду в комод.

Придумайте две разные классификации одежды: одну — за Линнея, а другую — за его жену.

Предложите своим родителям помочь вам в придумывании такой классификации.

3. Придумайте классификацию видов спорта.

4. Знаете ли вы, как классифицируют звезды?

5. В природе существует множество минералов (камней): кремень, гранит, мрамор и др. Как можно их классифицировать?

6. Придумайте классификацию автомобилей.

7. По каким признакам можно отличить растение от животного?

8. Придумайте классификацию почтовых марок.

9. По каким признакам классифицируют шахматные дебюты?



Карл Линней

КАРЛ ЛИННЕЙ (1707 — 1778)

Только что вы решали задачу про классификацию одежды в семье Линнеев. Конечно, это шутка, но доля правды в ней все-таки есть.

Линнею не очень повезло с женой. Она нисколько не понимала, чем занимается ее знаменитый супруг, обладала характером сварливым и расчетливым. После смерти Линнея все его труды и гербарии хотела купить Шведская академия наук, но вдова решила, что соотечественники непременно обманут ее и заплатят очень мало. Поэтому она поторопилась продать научное наследство Линнея англичанам. Тогдашний король Швеции был в отъезде по своим августейшим делам. Когда он вернулся и узнал о случившемся, тотчас снарядил военный корабль, чтобы догнать англичан и отобрать труды великого систематика. Но, увы, сделать этого не удалось, и англичане до сих пор хранят старинные книги и гербарий в Британском музее.

Что же совершил Карл Линней, за что король пожаловал ему дворянский титул, а из-за его произведений чуть не поссорился с Британией?



Предположим, вы заболели и доктор ставит вам под мышку градусник. «36,6, у вас отличная температура!» — скажет врач. Вспомните о Линнее. Именно ему мы обязаны привычной нам шкалой температур: 0°C — точка замерзания, а 100°C — точка кипения воды. «Позвольте! — воскликнете вы. — Но ведь всегда, когда передают прогноз погоды, говорят +15 — +17 градусов по Цельсию. Скорее всего именно Цельсий изобрел такую шкалу. При чем же здесь Линней?» Дело в том, что в Россию термометр попал из Швеции, где ученый по имени Цельсий проводил в своем саду метеорологические наблюдения с помощью Линнеевского термометра. А буква С означает вовсе не фамилию Цельсия, а латинское слово «сто» — «centum» (читается «цэнтум») — по числу градусов, на которые была разделена шкала. В той же самой Великобритании шкалу называют более «заслуженно» — centigrade («стоградусная»). Но из-за трудов по изобретению термометра, наверное, не стоило беспокоить королевскую эскадру. (Кстати, знаете ли вы какие-нибудь еще шкалы температур? Кто их изобрел? Если не знаете, спросите у учителя физики.)

Были у Линнея и другие заслуги. Эпизод с доктором напоминает совсем другой случай из его биографии: когда Карл Линней вернулся на родину из поездки по Европе, то у него не оказалось места работы и один из друзей рекомендовал его как хорошего врача всем своим знакомым. Линней очень удачно излечил первых своих пациентов и вскоре стал известным медиком в Стокгольме, ему удалось заработать достаточно денег, чтобы продолжить занятия наукой.

Несомненно, Линней был очень талантливым человеком, и в любой области, с которой соприкасался, он достигал значительных успехов. Во времена, когда жил Линней (1707 — 1778), ученые изучали все, что их окружало, и поэтому были разносторонне образованными. Любой медик, например, знал не только человеческие недуги, но и ботанику (чтобы знать и собирать целебные растения), зоологию, химию и даже горное дело (ведь некоторые минералы тоже целебны, важно суметь их найти и выбрать необходимые). В те времена ученые обязательно знали латынь и сочинения древнеримских и древнегреческих авторов, т. е. философию

и литературу. Многие умели рисовать, писать стихи, произносить пламенные речи и читать увлекательные лекции. Почти всеми этими умениями обладал и Карл Линней. Благодарные шведы поставили в своей столице памятник великому систематику. С четырех сторон его окружают небольшие скульптуры, символизирующие четыре науки, в которых прославился Линней: медицину, минералогию, зоологию и ботанику. Но если бы вы посмотрели на дворянский герб Линнея, то увидели бы на нем небольшое растение, открытое им во время путешествия по Лапландии. Именно оно «выдает» любимую среди четырех наук — ботанику. Сердце Линнея почти целиком принадлежало ей.

Как раз в то время европейцы активно осваивали все континенты: вслед за первыми колонизаторами в Новый Свет, на тропические острова, в суровую Сибирь и другие малоисследованные области нашей планеты отправились ученые. И Линней не был исключением — с мешком вяленой рыбы и приспособлениями для сушки растений он отправился на север Швеции, где описал множество неизвестных до того времени минералов, растений и животных. Как это часто случается в истории науки, за эту трудную и крайне ценную работу Линней не удостоился никакого вознаграждения. Для получения ученой степени и диплома он был вынужден отправиться в Европу. Он покинул родину практически без средств к существованию, а через несколько лет вернулся, несколько не обогатившись.

Между тем из европейских стран молодой Линней привез нечто большее, чем деньги. Он посетил лучшие ботанические сады, куда доставляли множество иноземных растений, успел побывать директором одного из них. (Сад принадлежал довольно богатому человеку, который очень любил растения, разбирался в них, поддерживал многих ботаников деньгами и старался создать им хорошие условия для работы. Линнею очень повезло, что его познакомили с этим человеком.)

Молодой швед довольно скоро стал известен европейским ботаникам, его оригинальные идеи распространились по многим странам, и, когда он вернулся в Швецию, ученые из всех уголков света присылали ему засушенные растения, семена, свои рисунки и книги — мнение Линнея для них было очень ценным. Вместе с тем, только постоянно обсуждая свои идеи, великий систематик мог развивать их, пополнять свои знания о растениях.

Вам, наверное, интересно, сколько всего разных растений знал Линней. Оказывается, больше 10 тысяч. Много это или мало? По современным представлениям, на Земле встречается около 250 тысяч только одних цветковых растений. «Всего 4%!» — скажете вы с разочарованием. Но попробуйте сами вспомнить названия хотя бы сотни-другой растений, и вы легко убедитесь, что 10 тысяч — это очень много. Чтобы не «утонуть» в этом многообразии, как вы теперь знаете, была необходима классификация. И систематический ум Линнея принялся классифицировать не только растения, но почти все, что попадалось под руку, включая коллег-ботаников.

Хотя Линней достиг несомненных успехов в деле классификации, нельзя сказать, что его система была в то время единственной. Некоторые ботаники обращали внимание на одни признаки — строение плодов или число лепестков и чашелистиков, а Линней обратил внимание на другие — на число и строение тычинок. Однако сегодня система шведского ученого представляет интерес лишь для истории: созданы новые системы, учитывающие большое число разных признаков. Сейчас эти системы кажутся совершенными, но неизвестно, что скажут о них ботаники лет через 200—300.

Если систематиков было достаточно много, то почему мы выбрали именно Линнея и так подробно о нем рассказываем? Потому, что Линней придумал замечательную вещь, которая никому до него не приходила в голову — бинарную номенклатуру. Слова эти вам пока ничего не говорят, но мы поясним: бинарная — означает двойная, а номенклатура происходит от латинского *nomēn* — имя (система имен, названий). Каждый вид живых существ получает двойное имя: имя рода, к которому он относится, и видовое имя иначе — видовой эпитет. (Кстати, что означает слово «эпитет»? Выясните это у учителя литературы.) Вспомните «адрес» человека — *Homo sapiens*. *Homo* — это родовое название, *sapiens* — видовой эпитет. Может быть, вы знаете, что давным-давно на Земле жили и другие виды этого же рода: *Homo habilis* — Человек умелый, *Homo erectus* — Человек прямой, т. е. прямоходящий, на двух ногах.

Родов значительно меньше, чем видов. Всем родам придумать названия легче, чем всем видам (ведь названия не должны повторяться!). Представьте, сколько слов потребовалось, чтобы каждый вид только цветковых растений получил свое название. Как вы думаете, хватило бы для этой цели всех слов русского языка? Конечно, называть растения и животных несколькими словами ученые догадались давно. Но возникли и трудности: кому-то нра-

вилось называть виды одним словом, кому-то — двумя-тремя, а некоторые перечисляли в названии очень много признаков из описания. Названия становились громоздкими и неудобными. Читая труды разных ученых, не всегда можно было понять, пишут ли они об одном и том же виде или о разных.

Линнеевское изобретение не только облегчило процесс придумывания названий, но и позволило быстрее отыскивать описания. Сегодня к двойному названию прибавляют еще и фамилию ученого, впервые описавшего этот вид под таким названием. Иногда, особенно если ученый очень известен, фамилию автора сокращают. Например, *Homo sapiens* L. Буква L., как вы догадались, это все, что осталось от фамилии Линнея (Linnaeus). Значит, первое научное описание человека нужно искать в трудах Линнея. (Именно из-за этих трудов шведский король снарядил военный корабль.)

«Как! — скажете вы. — Неужели до Линнея никто не описывал человека? Ведь вид *Homo sapiens* известен человечеству с древнейших времен!» Разумеется, описывали и не раз. Но именно такое название этот вид получил от Линнея. По международной договоренности признаются названия организмов, которые даны начиная с выхода в свет трудов Линнея. К примеру, все названия растений и их описания, сделанные до того, как Линней опубликовал самый значительный труд по ботанике — «Виды растений», считаются недействительными.

А теперь расскажем немного о современной систематике растений. Взгляните, к примеру, на такой «адрес».

ЦАРСТВО	Растения
ОТДЕЛ	Цветковые (покрытосеменные)
КЛАСС	Однодольные
ПОРЯДОК	Лилиецветные
СЕМЕЙСТВО	Лилейные
РОД	Лук
ВИД	Лук посевной (чеснок)

Это «адрес», который напишет вам любой современный ботаник. «А Линней написал бы точно такой же?» — полюбопытствуете вы. Конечно, нет. Род и видовой эпитет остались бы прежними, но вместо семейства мы бы увидели название — «Шеститычинковые».

§ 2. Царства. Пять царств живых организмов — бактерии, простейшие, растения, животные, грибы

Теперь, когда вы уже немножко знаете о различных классификациях, разберемся с классификацией живых организмов. Прежде всего мы расскажем вам, на какие самые большие группы биологи делят живые организмы. Эти самые крупные группы называют царствами.

Здесь вас ждет первая неожиданность. Вы только недавно узнали про клетки, узнали, что все клетки имеют оболочку, цитоплазму и ядро. Именно наличие ядер в клетках животных и растений натолкнуло ученых на идею о сходстве разнообразных клеток. И вдруг...

Оказывается, вовсе не все клетки имеют такую важную часть, как ядро. Существуют и безъядерные клетки. Все организмы, которые имеют безъядерные клетки, выделяют в особое царство. Ученые называют его *царством прокариот*. (Про — это значит до, раньше, а кариоты — ядерные; в этом названии отражается идея о том, что безъядерные клетки возникли в ходе развития жизни раньше клеток с ядром.) Но мы для простоты будем называть это царство *царством бактерий*.

Итак, первый признак, по которому разделяют царства, оказался очень простым — надо только посмотреть (а вот это не всегда просто сделать!), есть ли у клеток данного организма ядра или нет. Если нет, то организм принадлежит к царству бактерий, а если есть, то он относится к какому-нибудь другому царству (все остальные царства объединяют в группу *эукариот*; эу — это значит хорошее, так что это название означает: организмы с хорошо выраженным ядром).

А вот для того чтобы рассказать вам, по каким признакам выделяют остальные царства, нам придется сделать большое отступление.

ПРО АТОМЫ, МОЛЕКУЛЫ И ЭНЕРГИЮ. ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ



Слово «атом» сейчас знакомо каждому дошкольнику. Но не всякий школьник знает, откуда оно взялось. Это слово придумали в Древней Греции. А значит оно вот что. Частицы «а» и

«ан» означают отрицание. (Например, в слове «аморальный» она означает «не»; в словах типа «анархия» (безвластие) она означает отсутствие чего-либо, в данном случае власти.) Вторая часть слова «атом» — «том» — означает «делить», «резать». (Например, прибор, с помощью которого готовят очень тоненькие срезы для микроскопических исследований, называется «микротом».) Таким образом, слово «атом» означает «неделимый».

В науке очень много слов, терминов, в которых используется греческий язык или латынь. Многие из этих терминов были придуманы, когда Древней Греции уже не существовало, да и по-латыни никто, кроме ученых, уже не говорил. Но слово «атом», как мы уже сказали, было придумано еще в Древней Греции. И придумали там не только слово. Там придумали и замечательную идею, которая сохранилась до сегодняшнего дня. Эта идея состояла в том, что *все предметы составлены из мельчайших частичек — атомов*. Идея эта была не просто выдумана из головы, она была основана на множестве наблюдений. Эта идея сопровождалась многими фантастическими предположениями. Например, в древности думали, что есть атомы дерева и атомы перца. Думали, что атомы перца покрыты колючками, как ежи, и поэтому колют язык.

Одним из первых ученых, который считал, что все тела состоят из атомов, был Демокрит. Он жил почти 2500 лет тому назад.

Демокрит был разносторонним ученым. Он занимался математикой, астрономией, медициной, языкознанием и другими науками. Его молодость прошла в путешествиях по разным странам. Он был в Персии, Вавилоне, Египте и всюду изучал местные условия и знакомился с науками этих стран. На свои путешествия Демокрит израсходовал почти все деньги, которые оставил ему в наследство отец. Остальную часть своей долгой жизни Демокрит провел в родном городе, занимаясь наукой. Он написал около 70 книг. Но признание своих сограждан он получил далеко не сразу.

Мы уже рассказывали про «чудака» Левенгука, удивлявшего своих соседей равнодушием к занятиям торговлей. Соседи Демокрита тоже считали его по меньшей мере чудачком. На него даже подали в суд за то, что он растратил имущество, унаследованное от отца, и потребовали медицинского освидетельствования, которое показало бы, нормальный он человек или сумасшедший. Человек,

который вел себя непохоже на других, представлялся им ненормальным.

Суд над Демокритом был достаточно необычным. Демокрит, защищаясь в суде, прочитал судьям часть своей книги об устройстве Вселенной. Судьи оказались достаточно культурными людьми и оправдали Демокрита, решив, что он потратил отцовское наследство не зря.

Что касается медицинского освидетельствования, то оно было проведено знаменитым врачом того времени Гиппократом. Он не только признал Демокрита нормальным, но и подружился с ним. Ужасно обидно, что не сохранилось записей бесед этих двух замечательных людей!

Кстати, Гиппократ написал «Клятву врача». Каждый врач должен был давать эту клятву, в которой он обещал вести честную жизнь, не вредить своим пациентам и хранить врачебную тайну. И сегодня студенты медицинских учебных заведений произносят «Клятву Гиппократа».

К сожалению, книги Демокрита не дошли до нашего времени. Мы познакомим вас с представлениями древних мыслителей, пересказав отрывок из поэмы поэта Лукреция Кара «О природе вещей». (Тит Лукреций Кар жил в Риме с 95 г. по 51 г. до нашей эры. Он был современником Цицерона, Юлия Цезаря; в его время произошло восстание Спартака.)

Лукреций Кар, обращаясь к своему читателю, говорит, что, конечно, трудно поверить, что мир состоит из каких-то маленьких невидимых частичек — атомов. Какие есть основания считать, что атомы действительно существуют и что это не просто выдумка? Лукреций приводит такие основания.

Сначала он показывает, что «существуют тела, которые мы видеть не можем». Ветер поднимает волны на море, рушит суда, разносит небесные тучи, мощные валит стволы. «Стало быть, ветры — тела, но только незримые нами». Итак, невидимые тела могут существовать. Но откуда видно, что они и другие предметы состоят из мельчайших частичек?

Человек воспринимает самые разные запахи, хотя при этом ничего не видно. Если в комнату принести какое-то пахучее вещество, то его запах мы скоро почувствуем, хотя не будет заметно, что количество этого вещества уменьшилось. Значит, от него отрываються мельчайшие, невидимые частицы и летят в разные стороны.

И наконец, на морском берегу, разбивающем волны,
Платье сыреет всегда, а на солнце вися, оно сохнет;
Видеть, однако, нельзя, как влага на нем оседает,
Как и не видно того, как она исчезает от зноя.
Значит, дробится вода на такие мельчайшие части,
Что недоступны они совершенно для нашего глаза.
Так и кольцо изнутри, что долгое время на пальце
Носится, из году в год становится тоньше и тоньше;
Капля за каплей долбит, упавая, скалу; искривленный
Плуга железный сошник незаметно стирается в почве;
И мостовую дорог, мощенную камнями, видим
Стертой ногами толпы, и правые руки у статуй
Бронзовых возле ворот постепенно хudeют
От припадания к ним проходящего мимо народа.
Нам очевидно, что вещь от стирания становится меньше,
Но отделение тел, из нее каждый миг уходящих,
Нашим глазам усмотреть запретила природа ревниво.

Из этого отрывка мы кое-что узнаем о жизни древних римлян (что они носили кольца на пальцах, пахали землю железным плугом и т. д.). Но главное, мы понимаем, что представления об атомах были основаны на разнообразных наблюдениях — распространении запахов, испарении воды и др.

В дальнейшем ученые перешли от наблюдений к опытам (об одном из них мы расскажем дальше), которые доказали существование атомов. А сейчас существует целая атомная промышленность. Атомы удалось даже сфотографировать.

Мысль о существовании атомов оказалась правильной, а вот слово «атом» было выбрано не слишком удачно. Атом оказался делимым. Именно в результате деления атомов происходят взрывы атомных бомб и работают атомные электростанции. Более того, некоторые атомы самопроизвольно распадаются на части, образуя другие атомы (это явление называют *радиоактивностью*). Оказалось, что атом имеет сложное внутреннее строение. Но биологам крайне редко приходится сталкиваться со случаями, когда это строение атомов важно для биологических процессов. Обычно биолог может, как древние ученые, считать атом «кирпичиком» и не учитывать его сложность. И мы тоже будем считать атом очень маленькой частичкой, не интересуясь его устройством.



Оказалось, что в природе существует всего около ста сортов атомов. Из них построено все: и камни, и горы, и вода, и воздух. Представьте себе, что у вас есть сто сортов кирпичей, отличающихся цветом и размером. Ясно, что из них можно построить самые разные сооружения. Некоторые предметы состоят из атомов только одного сорта, например алюминиевая ложка состоит только из атомов алюминия; эти атомы сокращенно обозначаются буквами Al. Вообще, каждый сорт атомов имеет свое сокращенное обозначение.



А вот вода состоит из двух сортов атомов, причем они сцеплены между собой. Несколько атомов, соединенные друг с другом, образуют сооружение, которое называется *молекулой*. Молекула воды состоит из трех атомов: одного атома кислорода и двух атомов водорода.

Эту конструкцию можно кратко обозначить так: H_2O (читается «аш два о»). Как вы, наверное, догадались, буквой O обозначен атом кислорода, а буквой H — водорода. (Откуда взялись эти буквы? От латинских названий этих веществ. Водород — это перевод на русский язык слова «гидрогениум». Здесь «гидро» — вода, а «гениум» — рождать, создавать. Наверное, «гений» — это «создатель»? А кислород — перевод слова «оксигениум»). Краткое обозначение вещества (такое, как H_2O) называется его *химической формулой*. Из атомов одного сорта состоит уголь. Эти атомы называются атомами углерода. Углерод обозначается буквой C (от слова «карбонеум» — уголь).

Кислород составляет заметную часть окружающего нас воздуха. В воздухе содержатся молекулы кислорода O_2 ; это обозначение показывает, что молекула кислорода состоит из двух атомов, соединенных между собой.

Если зажечь уголь, то при его горении атомы углерода соединяются с атомами кислорода (горение — это и есть соединение с кислородом). В результате образуются молекулы, состоящие из одного атома углерода и двух атомов кислорода. Их химическая формула CO_2 .

Этот газ, образующийся при горении, называется углекислым газом.

Часто при смешении двух веществ, состоящих из разных молекул, эти молекулы начинают действовать друг на друга. От одних молекул некоторые атомы отсоединяются, к другим молекулам присоединяются. Такие процессы перестройки молекул называются *химическими реакциями*. Строение молекул и химические реакции между ними изучает особая наука — химия.

Если вдуматься, химическая реакция — это довольно удивительная вещь. Представьте себе два здания, построенные из разнообразных кирпичей и имеющих разную форму. И вот, когда эти здания соприкасаются (их как-то придвинули друг к другу), они начинают перестраиваться: кирпичи меняют свое расположение и в результате получается одно, два или три новых здания, совершенно не похожих на первоначальные.

Большую часть воздуха составляют молекулы азота; его атомы обозначают буквой N. (Слово «азот» составное: частица «а», как вы уже знаете, означает отрицание; вторая половина происходит от слова «зоо», которое на греческом языке означает «животное» или «жизнь». Таким образом, слово «азот» означает «безжизненный», не поддерживающий жизнь.) Такое название азот получил потому, что он непригоден для дыхания, и если поместить животное в сосуд с чистым азотом, то оно быстро погибнет. Однако это название так же ошибочно и несправедливо, как и слово «атом». Дело в том, что азот совершенно необходим для жизни, в организмах животных и растений имеются разнообразные молекулы, содержащие азот. Просто он служит в организмах не для дыхания, а совершенно для других целей.

Каждая клетка животного или растения состоит из множества разных молекул, в которые входят и углерод, и азот, и кислород, и водород, и другие сорта атомов. В клетках идут тысячи разнообразных химических реакций. Можно сказать, что каждая клетка — это сложная химическая фабрика.

ЕЩЕ О МОЛЕКУЛАХ. СТРУКТУРНЫЕ ФОРМУЛЫ



Один ученик 6-го класса — Миша Б., прочитав про атомы, придумал такое объяснение строения молекул. Пусть у каждого сорта атомов есть одна или несколько рук. Атомы стараются взяться за руки так, чтобы не осталось свободных рук.

Например, у каждого атома водорода всего по одной руке — это «однорукие» атомы. Если два таких атома встретятся, то они хватаются руками и образуется молекула H_2 . Свободных рук не остается, и, значит, другие атомы присоединиться не могут (рис. 13,а).

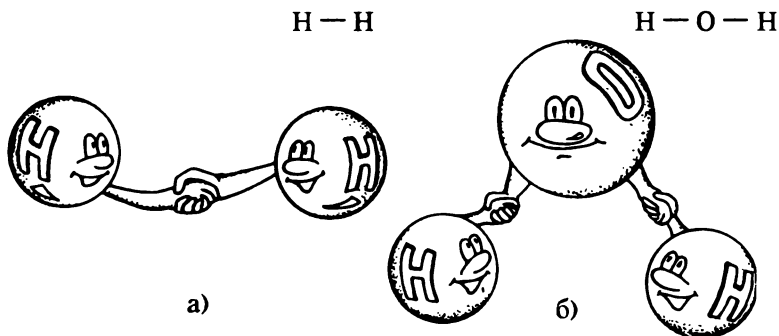


Рис. 13. Структурные формулы простейших молекул:
а — молекулы водорода; б — молекулы воды

Рассмотрим теперь молекулу воды H_2O . Если бы атомы водорода присоединились друг к другу, то кислороду присоединяться было бы некуда. Значит, каждый атом водорода присоединяется к атому кислорода, ведь вода — прочное соединение. Миша сделал вывод, что у атома кислорода имеются две руки. Тогда воду можно изобразить так (рис. 13,б):

Дальше Миша из головы придумал следующую молекулу — H_2O_2 .

Здесь два атома кислорода взяли за руки, а двумя руками, которые остались свободными, взяли за руки атомы водорода. Миша полистал учебник химии и узнал, что такая молекула на самом деле существует. Вещество, состоящее из таких молекул, называется перекисью водорода. Его используют для дезинфекции ран.

Потом Миша решил нарисовать молекулу углекислого газа CO_2 . Но тут возникла трудность: было неизвестно, сколько рук у атома углерода. Если эта молекула устроена как молекула воды, то у атома углерода должно быть четыре руки (рис. 14,а):

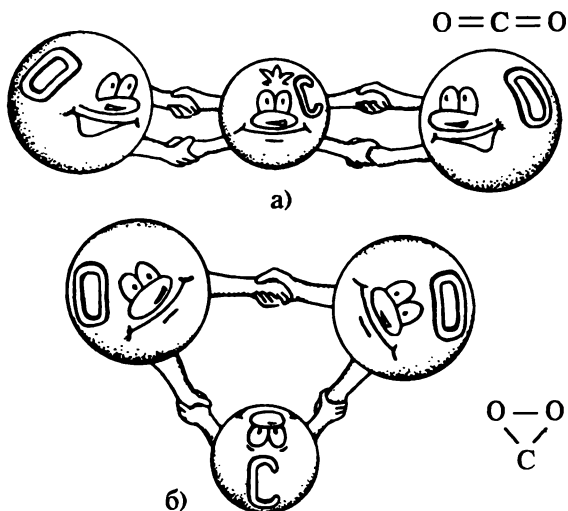


Рис. 14. Возможные структурные формулы молекулы CO_2

Но можно было представить другой вариант устройства этой молекулы: атомы кислорода взяли за руки, остались свободными всего две руки, а к ним-то и присоединился углерод (рис. 14,б). В этом случае у углерода всего две руки. Миша опять взял учебник химии и нашел там формулу CH_4 .

Это формула горючего газа — метана, пузыри которого иногда поднимаются из глубины болот. Отсюда Миша сделал вывод, что атом углерода четырехрукий (рис. 15). Когда-то зоологи так называли обезьян, так что углерод можно назвать атом-обезьяна. Значит, молекула углекислого газа устроена так, как на рис. 14,а.

Такие изображения, которые рисовал Миша, называются *структурными формулами молекул*; они показывают, как устроена молекула, какой атом с каким соединен.

В учебнике химии Миша увидел формулу HCl (читается «аш хлор»), здесь атом водорода соединен с атомом хлора. Это вещество называется соляной кислотой; она вырабатывается в желудке человека и многих других животных и служит там для разрушения молекул пищи. Миша сделал вывод, что атом хлора тоже однурукий: ведь он с водородом, имеющим одну руку, образует прочную молекулу.

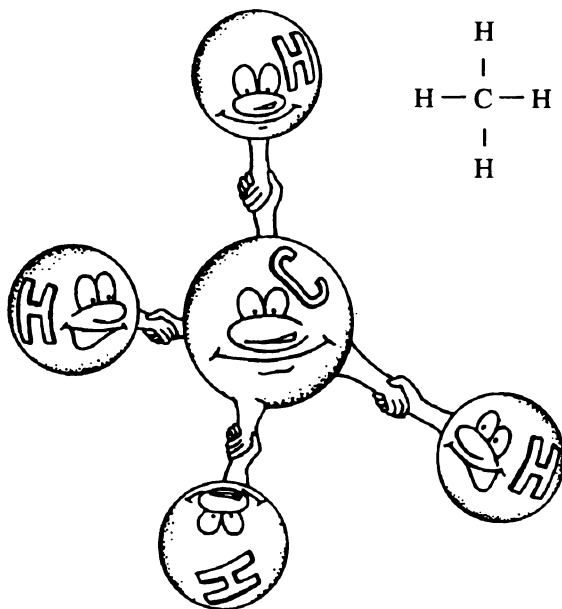


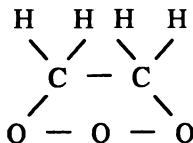
Рис. 15. Структурная формула метана

Оказалось, что обычная соль, которой мы солим пищу (поваренная соль), имеет формулу NaCl (читается «натрий хлор»). Отсюда легко сделать вывод, что атом натрия тоже однорукий.

Задачи. 1. Нарисуйте структурные формулы для молекул, химические формулы которых: NaOH ; H_2CO_3 (будем считать, что предпочтительнее та формула, где есть двойные связи).

2. Есть такая интересная игра. Берется какое-нибудь длинное слово (например, «машиноведение») и из его букв составляются новые слова, например, «вода», «шина», «дева» и т. д. Кто составит больше слов, тот выигрывает. Можно считать, что атомы — своеобразные буквы, а молекулы — слова. Только буквы всегда ставят в линейку, за каждой буквой стоит одна впереди и одна позади, а атомы могут образовывать, например, кольцо — «хоро-вод» и другие фигуры.

Возьмем такую сложную молекулу:



Сколько разных «слов» можно составить из ее атомов?

Во многих книгах и фильмах потешаются над людьми, которые «забывают козла», т. е. играют в домино. Но на самом деле домино — интересная игра, развивающая память и умение думать. В этой игре тоже приходится по определенным правилам приставлять одну кость к другой, делая выбор из нескольких возможных вариантов.

Образование новых слов из букв, поиск структурных формул молекул, которые составляются из атомов, игра в домино и многие другие игры и действия имеют много общего: некоторые элементы (буквы, атомы, кости домино и т. д.) объединяются друг с другом по некоторым правилам, при этом возможны разные их комбинации. Человек должен рассматривать разные варианты таких комбинаций и выбирать наиболее подходящий. Эти задачи называют комбинаторными.

Такие задачи начинают решать еще маленькие дети, например, складывая из кубиков фигурку животного или делая подъемный кран из элементов конструктора. Но умение перебирать варианты и находить из них нужный требуется и ученому, и следователю, и инженеру. Только они перебирают не кубики конструктора, а факты, идеи, формулы и т. д.

Очень интересны задачи по комбинаторике на разгадку шифров (вы читали, например, рассказ Э. По «Золотой жук»?) или сходные задачи, где надо узнать, какая цифра какой буквой обозначена.

Приведем пример такой задачи.

Несколько знатоков взялись за расшифровку равенства

$$\text{ТАМТАМ} + \text{МРАК} = \text{КОШМАР},$$

причем каждый из них получил верный ответ, отличный от ответов других. Знатоки исходили из того, что каждая буква означает некоторую цифру, причем разные буквы означают разные цифры. Сколько могло быть знатоков?



Какие комбинаторные игры или задачи вы знаете? Расскажите о них своим товарищам и одноклассникам.

Растения и животные получают из внешней среды разнообразные вещества, состоящие из разных молекул. Эти молекулы в организме в результате химических реакций перестраиваются, превращаясь в другие молекулы. (Такой процесс называют *обменом веществ* — одни вещества превращаются в другие, как бы обменивают одни молекулы на другие.) Эти химические реакции — важнейшее свойство живых организмов. Реакции, которые идут в организмах, изучает специальная наука — биологическая химия, или сокращенно — биохимия.

Мы очень коротко рассказали вам про атомы и молекулы. Про них нам придется еще очень много говорить в дальнейшем. К сожалению, мы не можем здесь рассказать, как открыли атомы и молекулы, как изучали химические реакции. Про это вы узнаете из учебников и книг по химии и физике. Конечно, здесь возникает масса разных вопросов. Например, атомов всего сто с небольшим сортов, а сколько всяких молекул? Оказывается, их много миллионов. Другой вопрос: какие силы связывают разные атомы в одну молекулу? В чем причина химических реакций? Какие бывают реакции? Вопросов очень много. Но основная идея атомно-молекулярной теории проста и понятна: все предметы состоят из атомов и молекул.

Теперь мы перейдем к гораздо более трудному вопросу. Это вопрос об энергии. Здесь не будет дано точного определения термина «энергия». Мы только хотим дать некоторое приближенное представление об этом понятии, которое занимает важнейшее место в разных науках.

Пусть у вас имеется набор разнообразных по форме, цвету и размерам кубиков и вы хотите построить некоторое сооружение. Для того чтобы это сделать, наличия кубиков недостаточно. Надо еще совершить некоторую работу — поднять кубики, переместить их, поставить их друг на друга. Точно так же и организмам, чтобы построить нужные молекулы из тех «кубиков», которые они получают при питании, нужно совершать работу. Запас энергии — это то, что позволяет совершать работу или повышать температуру.

Например, в дома по проводам подается электрическая энергия. Она может приводить в движение мотор пылесоса или нагревать электрические лампочки, дающие свет. А сама электрическая энергия получается от сгорания угля на электростанции. Значит, при сгорании угля тоже получается энергия. Когда ящерица греется на

солнышке, ее температура повышается. Значит, солнечный свет несет с собой энергию.

Про некоторых людей мы говорим: энергичный человек. Это значит, что такой человек может сделать большую работу. В данном случае обиходное выражение по своему смыслу близко к тому понятию энергии, которое используется в науке.

У вас, наверное, давно уже возник вопрос: почему, говоря о разных царствах организмов, мы вдруг перешли к вопросу об атомах, молекулах и энергии? Сейчас вы это поймете. Мы возвращаемся к царствам.

ЦАРСТВА

Давайте вспомним, как мы определили царство бактерий. Это царство организмов, клетки которых не имеют ядра. Таким образом, мы выделили это царство по признаку устройства клеток.

По признаку того же типа можно выделить еще одно царство — *царство простейших*. Простейшими мы будем называть одноклеточные организмы, клетки которых имеют ядро. Это определение является предварительным, его придется уточнить.

Три остальные царства — грибов, растений и животных — это царства, для которых типична многоклеточность. В большинстве случаев и растения, и животные, и грибы состоят из большого числа разнообразных клеток. Однако этот признак не позволяет строго отделять их от простейших, потому что и среди растений, и среди грибов много одноклеточных организмов.

Как же отличить растения от животных, а тех и других — от простейших? Если вы решали задачу 7 в параграфе «Биологическая классификация», то вы, наверное, придумали несколько признаков, которые отличают растения от животных.

Но самое главное отличие растений от животных состоит в способе их питания, т. е. в том, откуда они получают молекулы для построения своего тела и энергию для перестройки этих молекул.

Начнем с растений. Растения замечательны тем, что умеют из очень простых молекул делать более сложные. А именно, из углекислого газа CO_2 , который растения берут из воздуха, и из воды H_2O , получаемой из почвы, они умеют делать молекулы сахаров. Причем для объединения более простых молекул в более сложные (этот процесс называется синтезом, по-гречески синтез означает

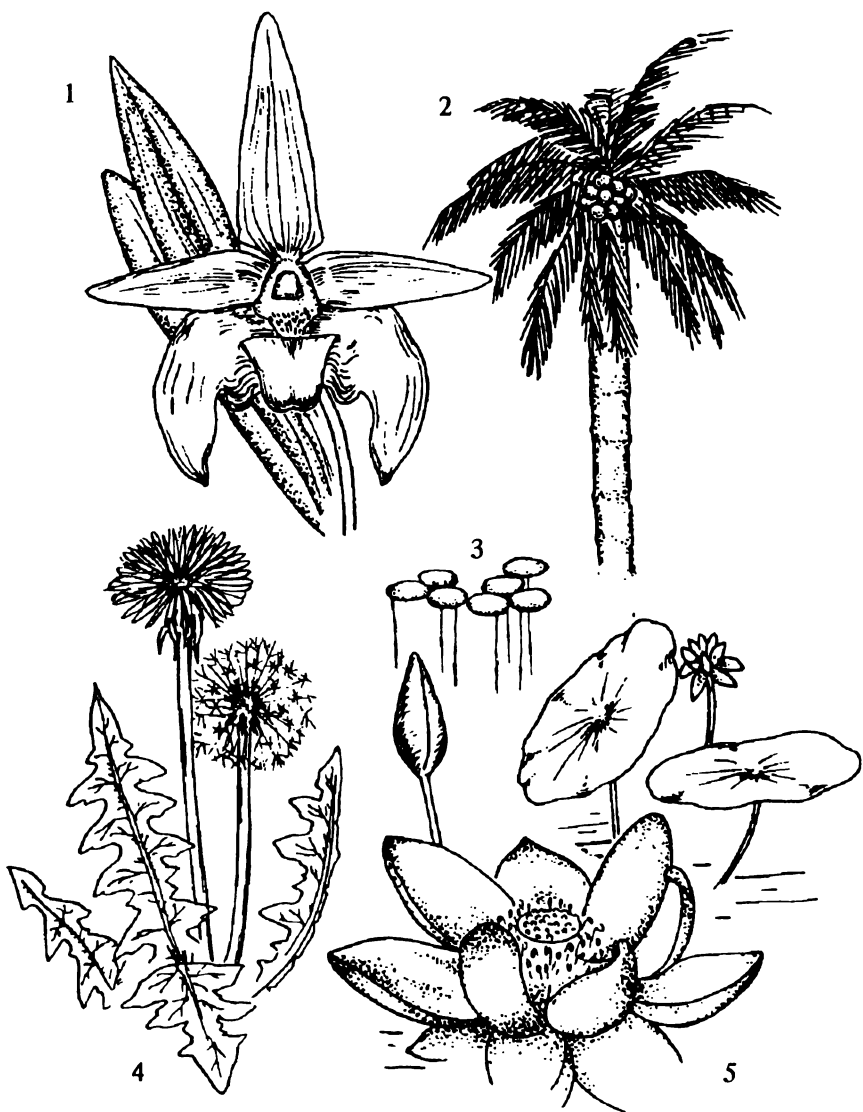


Рис. 16. Разнообразие растений:
 1 — орхидея; 2 — пальма; 3 — ряска; 4 — одуванчик; 5 — лотос

соединение вместе, составление) растения используют энергию света.

Процесс образования сложных молекул в растениях из CO_2 и H_2O под действием света называют фотосинтезом (фотос — по-гречески «свет»; отсюда же «фотография»). Фотосинтез — это основное характерное свойство растений. Организмы, имеющие клетки с ядром и обладающие фотосинтезом, мы будем называть растениями (рис. 16).

Животные — это организмы, которые захватывают пищу из внешней среды, причем пищей для них служат другие организмы (рис. 17): животные могут питаться бактериями, простейшими, грибами, растениями и другими животными. Они получают нужные им молекулы из этой пищи. Пища дает им и энергию. Например, люди получают энергию, сжигая пищу в своем организме. При дыхании человек вдыхает кислород, а выдыхает углекислый газ. Кислород, полученный при вдохе, используется для сжигания сахара или жиров. При этом получается углекислый газ, подобно тому, как он возникает при горении угля. Разница тут состоит в том, что человек умеет «сжигать» топливо при температуре всего в 37°C .

Когда-то все молекулы делили на неорганические (те, которые встречаются в природе независимо от живых организмов) и органические (те, которые вырабатываются в живых организмах). Правда, сейчас органическими молекулами называют и те соединения, которые вырабатывает химическая промышленность. Но если пользоваться старинными словами, то можно сказать, что растения умеют вырабатывать из неорганических простых молекул органические, а животным для их жизни нужны готовые органические молекулы.

Вы можете спросить: «Зачем такие сложности? Ведь животные могут двигаться, а растения сидят на одном месте и только растут. Так их проще всего отличить друг от друга». Конечно, умение двигаться — важный признак большинства животных, но все-таки это признак второстепенный. И вот почему. Есть довольно много морских животных, которые постоянно сидят на одном месте, прикрепленные к грунту. Это, например, губки, актинии, морские лилии и др. (рис. 18). Поэтому различать животных и растения приходится прежде всего по тем химическим реакциям, которые для них типичны.

Теперь нам осталось сказать только про царство грибов. Еще недавно грибы считали растениями, основываясь на том, что они

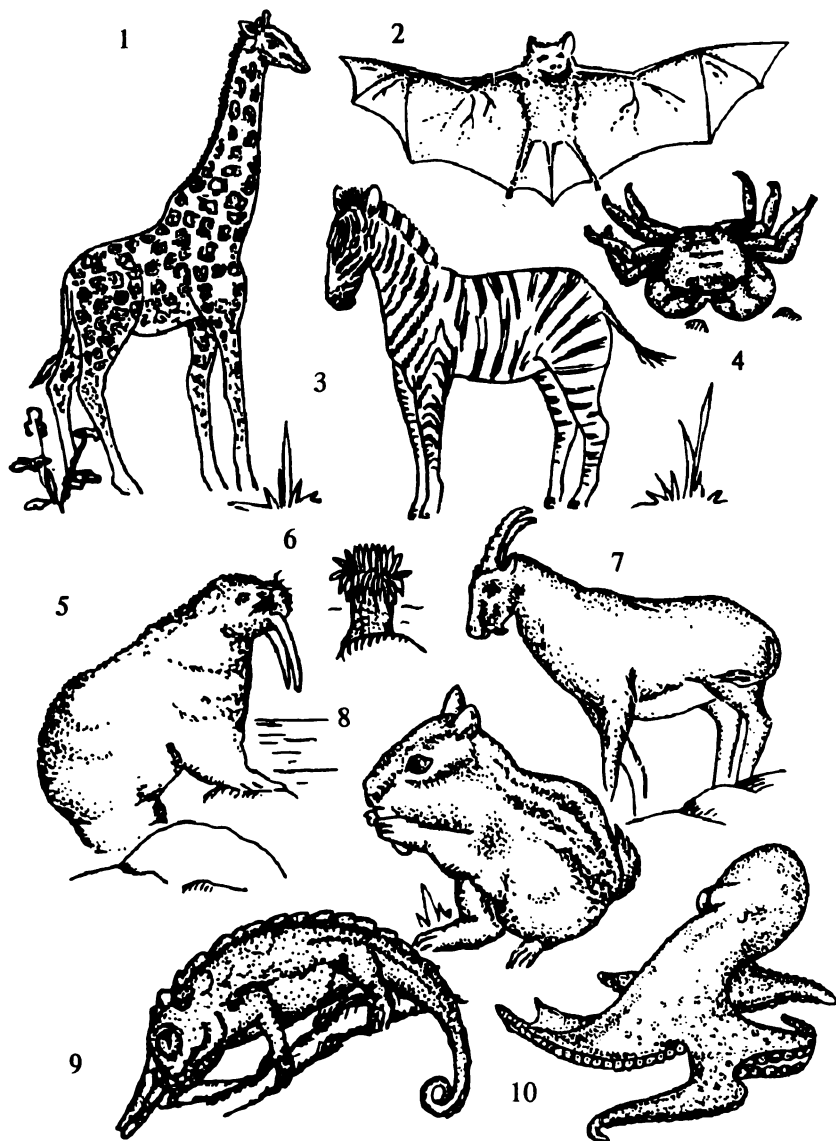


Рис. 17. Разнообразие животных:

1 — жираф; 2 — летучая мышь; 3 — зебра; 4 — краб; 5 — морж;
6 — актиния; 7 — горный баран; 8 — бурундук; 9 — хамелеон; 10 — осьминог

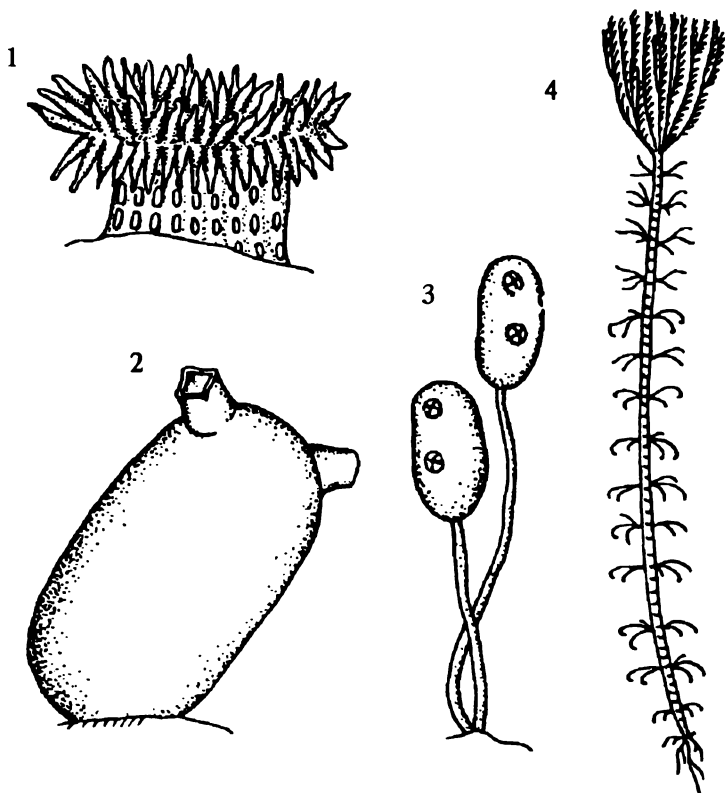


Рис. 18. Сидячие животные:
1 — актиния; 2, 3 — асцидии; 4 — морская лилия

не двигаются, а только растут. Однако по способу питания грибы ближе к животным; кроме того, у грибов встречаются такие молекулы, которых нет у растений, но которые встречаются у животных. Например, твердый панцирь насекомых состоит из особого вещества, которое называется хитин. У растений такое вещество не встречается, а у грибов нередко он есть. В то же время грибы отличаются от животных по ряду признаков. Например, клетки грибов имеют жесткую клеточную стенку, как у растений, а клетки животных такой стенки не имеют. По этим и по ряду других признаков грибы пришлось выделить в особое царство (рис. 19).

А теперь вернемся к царству бактерий. Пока мы указали только на один признак этих организмов — отсутствие в их клетках ядра,

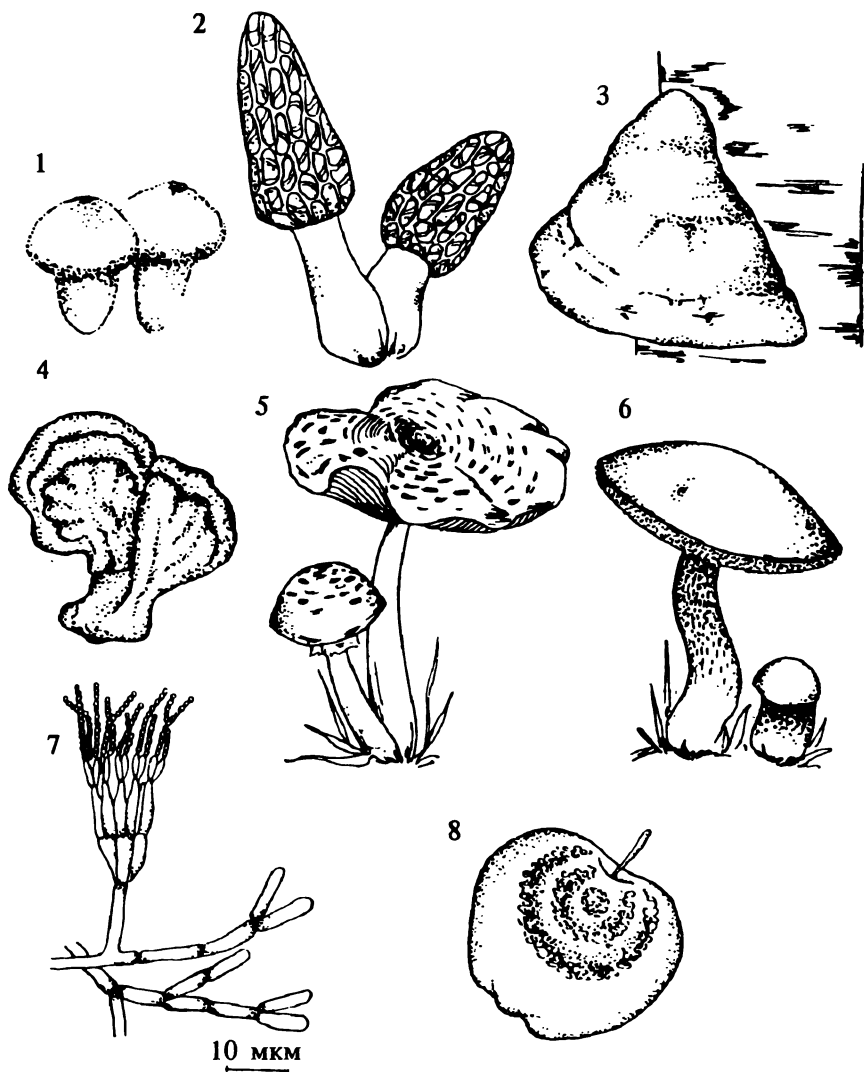


Рис. 19. Разнообразие грибов:

1 — дождевик; 2 — сморчок конический; 3 — трutowик настоящий; 4 — трutowик плоский; 5 — зонтик гребенчатый; 6 — подберезовик; 7 — пенициллум; 8 — монилияя фруктовая

т. е. сказали, чего у них нет. А что же у них есть? Какими еще признаками они обладают?

Важный признак бактерий — очень маленькие размеры их клеток. Большинство бактерий имеют клетки размером всего в 0,001 мм, бывают и еще более мелкие бактерии (в 0,0002 мм), а наиболее крупные имеют размеры клеток в одну сотую миллиметра. Многие бактерии имеют форму шарика и не способны к самостоятельному движению.

Как же питаются такие бактерии? Ведь у них нет никаких органов для захвата пищи: ни рук, ни рта. Оказывается, они питаются за счет органических молекул, находящихся в окружающей среде (в воде или почве). Но как же удастся бактериям «схватить» эти крупные молекулы и «втащить» их внутрь своей клетки? Обычно бактерии выделяют в окружающую среду специальные химические вещества, которые вступают в реакции с молекулами среды и раскалывают крупные органические молекулы на более мелкие осколки. Но все равно остается вопрос, как эти осколки достигают поверхности бактерий.

БРОУНОВСКОЕ ДВИЖЕНИЕ И ДВИЖЕНИЕ МОЛЕКУЛ

Мы уже говорили вам про английского ботаника Р. Броуна, который обнаружил непрерывное движение спор растений в жидкости. Позднее французский физик Перрен подробно изучил движение частичек туши в воде. Он внимательно наблюдал движение отдельной частички и через каждые несколько секунд фиксировал ее положение на клетчатой бумаге. Получались очень сложные, запутанные кривые (рис. 20). Движение частички туши могло продолжаться как угодно долго. Перрен предположил, что частичка мечется от того, что чашечка с водой и частичка туши испытывают незаметные для человека толчки от движения транспорта на улице или от ходьбы людей в

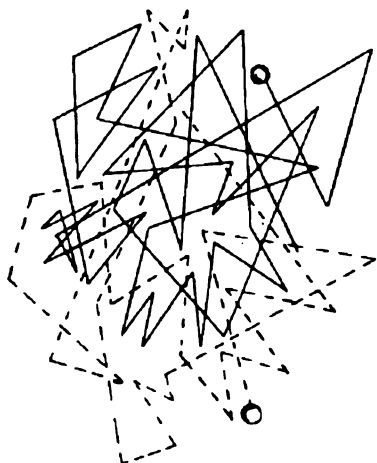


Рис. 20. Траектории двух частиц туши при броуновском движении

другой комнате. Тогда он, чтобы избежать малейшего сотрясения, перенес свои наблюдения в глубокий подвал. Там он поставил бак с ртутью — очень тяжелый предмет, который трудно сдвинуть с места, а в бак пустил плавать стальную плиту (железо не тонет в ртути), на которую поместил микроскоп. Но все эти ухищрения ни к чему не привели: частички туши продолжали метаться так же быстро. Можно было допустить, что в капельке воды отчего-то возникают потоки воды, течения, которые и двигают частицу туши. Но Перрен заметил, что две соседние частички туши очень часто двигаются в противоположных направлениях. Что вызывает это движение?



Наверное, Перрену было бы очень трудно догадаться, в чем тут дело. Но еще за три-четыре года до того, как он начал свои опыты, причину броуновского движения объяснили двое ученых: польский физик М. Смолуховский и немецкий физик А. Эйнштейн. Они не только объяснили это явление, но и предсказали некоторые особенности поведения частиц туши. Их-то и проверил Перрен.

Настоящая причина броуновского движения состоит вот в чем. Вы уже знаете, что все окружающие предметы — и горы, и море, и воздух — состоят из молекул. Но мы не сказали вам, что эти молекулы все время двигаются, сталкиваясь друг с другом и вновь разлетаясь. Вот это-то движение молекул и является причиной броуновского движения.

Представьте себе маленькую частичку туши в воде. В какой-то момент слева ее ударят, например, 30 молекул воды, а справа — только 20. Тогда частичка туши сдвинется вправо. В следующий момент ее ударит больше молекул справа, и тогда частичка изменит направление своего движения. Так как молекулы воды все время двигаются, все время ударяют частичку туши, то она и находится в непрерывном движении.

Смолуховский и Эйнштейн предсказали, к примеру, что маленькая частичка туши должна метаться сильнее, чем более крупная, ведь маленькую частичку молекулы при ударах легче сдвигают с места. Они предсказали также, что если частичка за 1 ч ушла от своего начального положения на 3 мм, то за 4 ч она уйдет не вчетверо, а только вдвое дальше, потому что часть времени она движется в обратную

сторону. И наконец, они предсказали, что движение частички будет определенным образом зависеть от температуры жидкости. Чем выше температура, тем активнее должна двигаться частичка.

Это последнее предсказание надо немного пояснить. Физики показали, что *при повышении температуры скорость движения молекул увеличивается*. Нагретое тело отличается от холодного тем, что в нагретом быстрее движутся молекулы. В теплой воде молекулы мечутся быстрее, сильнее ударяют частичку туши, и от этого она сама тоже двигается активнее.

Опыты Перрена подтвердили предсказания Смолуховского и Эйнштейна. Таким образом, броуновское движение наглядно доказывает движение молекул воды. Глядя на частицы туши, мы почти что видим движение этих молекул.

А теперь представьте себе, что среди молекул воды находятся какие-то другие молекулы, которые тоже беспорядочно мечутся. К чему это приведет? Это приведет к постепенному перемешиванию молекул.

Вы можете поставить такой опыт. Растворите в воде несколько кристалликов вещества, имеющего заметный цвет. Потом сверху очень аккуратно налейте чистую воду. Тогда в стакане получится два слоя — окрашенный и бесцветный. Если теперь поставить стакан, накрыв его, чтобы вода не испарилась, в укромное место, где его никто не будет трогать (вспомните, как для этого ухищрялся Перрен), то через некоторое время вы увидите, что граница между окрашенной жидкостью и чистой водой становится размытой. А еще через какое-то время жидкость приобретет однородную окраску, т. е. сама собой перемешается. Такое перемешивание связано с движением молекул. Молекулы краски, двигаясь между молекулами воды, постепенно проникают в любое место. Такое *передвижение молекул одного вещества среди молекул другого называют диффузией*.

- Задачи. 1. В каких случаях Лукреций Кар говорит про атомы, а в каких — про молекулы (он сам еще не разделял эти понятия)?
2. Как объяснить те факты, которые приводит Лукреций Кар для доказательства существования атомов (т. е. по-

- чему запах распространяется по комнате, одежда высыхает и т. д.)?
3. Является ли работа Перрена экспериментом или же наблюдением? Почему?
 4. В чем вы видите отличие опытов Перрена от опытов Реди?

ПИТАНИЕ БАКТЕРИЙ, ПРОСТЕЙШИХ И РАСТЕНИЙ

А теперь вернемся к проблеме питания бактерий. Например, бактерия находится в воде. Вокруг имеются крупные органические молекулы — ее пища; большинство этих молекул не касаются бактерии. Бактерия выделяет вещества, которые раскалывают крупные молекулы на более мелкие осколки. Эти осколки движатся быстрее и благодаря диффузии достигают оболочки бактерии. А на ее поверхности находятся специальные молекулы, к которым «приклеиваются» молекулы пищи, после чего бактерия втягивает их внутрь своей клетки. Мелкие осколки молекул легче протолкнуть через оболочку клетки. Так питаются многие бактерии.

Теперь вы можете понять и то, как растения ловят необходимые им молекулы углекислого газа CO_2 . Эти молекулы находятся в воздухе. Воздух отличается от воды тем, что в нем молекулы находятся довольно далеко друг от друга, в то время как в воде они расположены вплотную друг к другу. Из-за этого молекулы, которые находятся в воздухе, беспрепятственно пролетают довольно большое расстояние до того, как столкнутся с другими молекулами. По этой причине диффузия в воздухе идет довольно быстро. Если в одном конце комнаты пролилась какая-то пахучая жидкость (например, одеколон), то на другом конце комнаты запах почувствуется очень быстро. Так что растениям не надо иметь специальные «сачки» для ловли молекул. Молекулы CO_2 мечутся в воздухе и сами налетают на листья растений. Тогда они «приклеиваются» к листьям и поглощаются клетками листа.

А теперь посмотрим, чем отличается питание простейших от питания бактерий. Напомним, что простейшие — одноклеточные организмы. Их клетка имеет ядро и обычно более крупная, чем у бактерий.

Простейшие тоже могут поглощать нужные им молекулы из внешней среды, как это делают бактерии. Но, кроме того, у многих простейших есть и другой способ питания. Они могут захватывать

из окружающей среды небольшие твердые частички (не отдельные молекулы, а частички гораздо более крупных размеров, например даже целые бактерии). У некоторых простейших для захвата таких частичек есть специальное приспособление — рот. Другие простейшие поглощают твердые частички иначе. Дальше мы расскажем об этом подробнее. (Такое поглощение твердых частиц ученые называют *фагоцитозом*. Первая часть этого слова происходит от слова «фагос», т.е. поедание, пожирание, а вторая — от слова «цит» — клетка. От этого же слова происходит название науки о клетках — «цитология». Существуют паразиты, которые еще меньше бактерий. Они губят бактерии, их называют «бактериофаги», т. е. пожиратели бактерий.)

Вот мы и рассказали вам про все пять царств живой природы.

ВИРУСЫ

Да, мы рассказали вам про все пять царств живой природы. Но на самом деле существует еще одно царство — *царство вирусов*.

Раньше вы узнали, что все организмы состоят из клеток, что в клетках есть ядро — очень важная часть клетки. Но потом нам пришлось признаться, что не во всех клетках есть ядра. А теперь нам придется признаться, что не все существа состоят из клеток. Существуют очень маленькие существа, которые состоят из небольшого числа молекул, обычно они меньше самой маленькой клетки. Их называют вирусами (слово «вирус» по-латыни означает «яд»).

Вирусы не могут самостоятельно питаться или размножаться без участия клеток других организмов. Вирусы проникают в клетки разных организмов, отбирают у этих клеток часть их ресурсов, размножаются в этих клетках, выходят наружу и нападают на другие клетки (рис. 21).

Вирусы вызывают разнообразные заболевания растений, животных, бактерий, простейших и грибов. Вирусы вызывают, например, такие тяжелые заболевания, как оспа или бешенство.

В то же время вирусы могут быть полезны для человека, если они нападают на клетки вредных для него организмов. Например, бактериофаги («пожиратели бактерий») — это вирусы, нападающие на клетки бактерий.

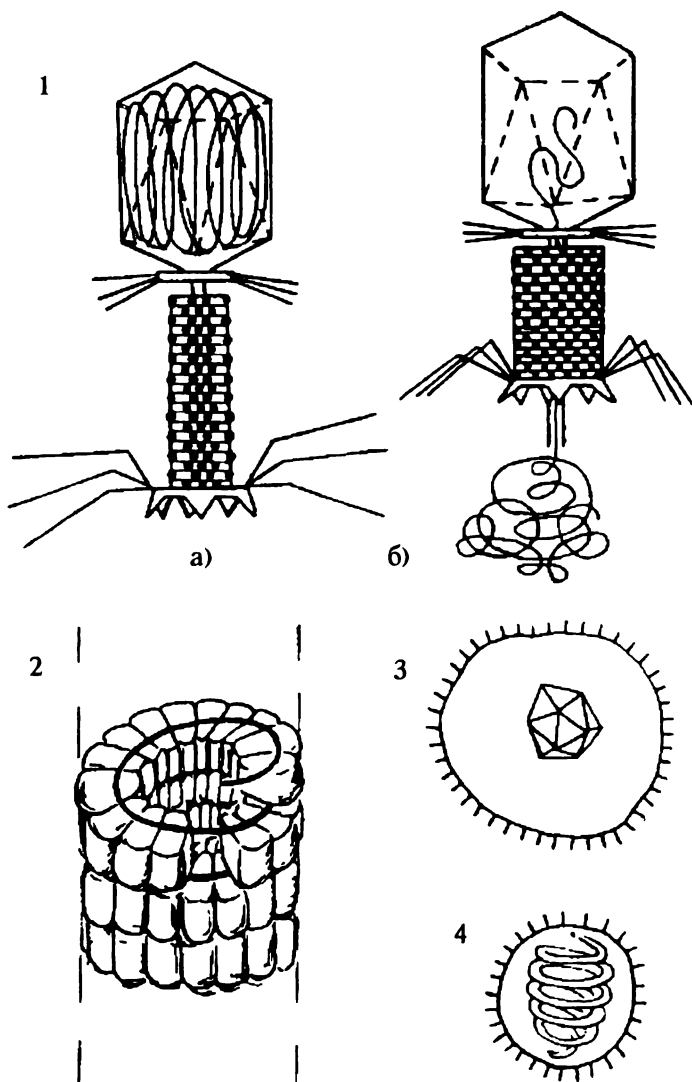


Рис. 21. Разнообразие вирусов:

1 — вирус Т2. Вверху «головка» вируса, в которой упакована особая молекула, похожая на длинную нитку; внизу «ножки» — ими вирус прикрепляется к клетке, на которую он нападает. Вирус прокалывает оболочку клетки и впрыскивает в нее молекулу, заражающую клетку, как показано на фрагменте 1,б; 2 — белковая оболочка вируса табачной мозаики; 3 — вирус герпеса; 4 — вирус гриппа

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ И БИОЦЕНОЗЫ

ВВЕДЕНИЕ

Вы познакомились с представителями всех царств живой природы. О каждом из царств мы рассказывали по отдельности, и дальше будем рассматривать их подробно. Бактерии попали в учебник 6-го класса, простейшие, животные, растения и грибы — в учебник 7-го класса, представители разных царств рассматриваются в разных книгах и на разных страницах.

Но такое «раздельное существование» их возможно только на страницах книг или в искусственных условиях (например, в зоопарке). В природе растения, животные и другие организмы обитают совместно и взаимодействуют между собой.

О самых простых формах такого взаимодействия мы узнаем в раннем детстве из народных сказок. Волк съедает семерых козлят, хитрая лиса выманивает из избушки и уносит в лес петушка, обманщица коза говорит, что она за весь день съела только один кленовый листочек, и т. д.

? Какие примеры из других сказок о взаимодействии животных вы знаете?

Итак, самое простое взаимодействие — «кто кого ест». Но бывают и более хитрые связи между организмами.

В разделе «Естественная классификация» мы упоминали о процессе эволюции — постепенном изменении животного и растительного мира Земли. Объяснение причин эволюции предложил английский биолог Чарлз Дарвин. В одной из своих книг он приводит шуточный пример взаимодействия организмов (рис. 22). Дарвин пишет, что чем больше старых дев живет в сельских районах Англии, тем больше молока дают там коровы. Эту связь он объяснил так. Старые девы любят держать кошек. Кошки в сельской местности ловят полевых мышей. Полевые мыши часто разрушают гнезда, которые строят в земле шмели (мыши, разрушая гнезда, съедают личинок шмелей). Шмели имеют длинный хоботок и поэтому могут доставать сладкий сок (нектар) из цветков клевера; при этом шмели опыляют цветки клевера, перенося пыльцу с одного цветка

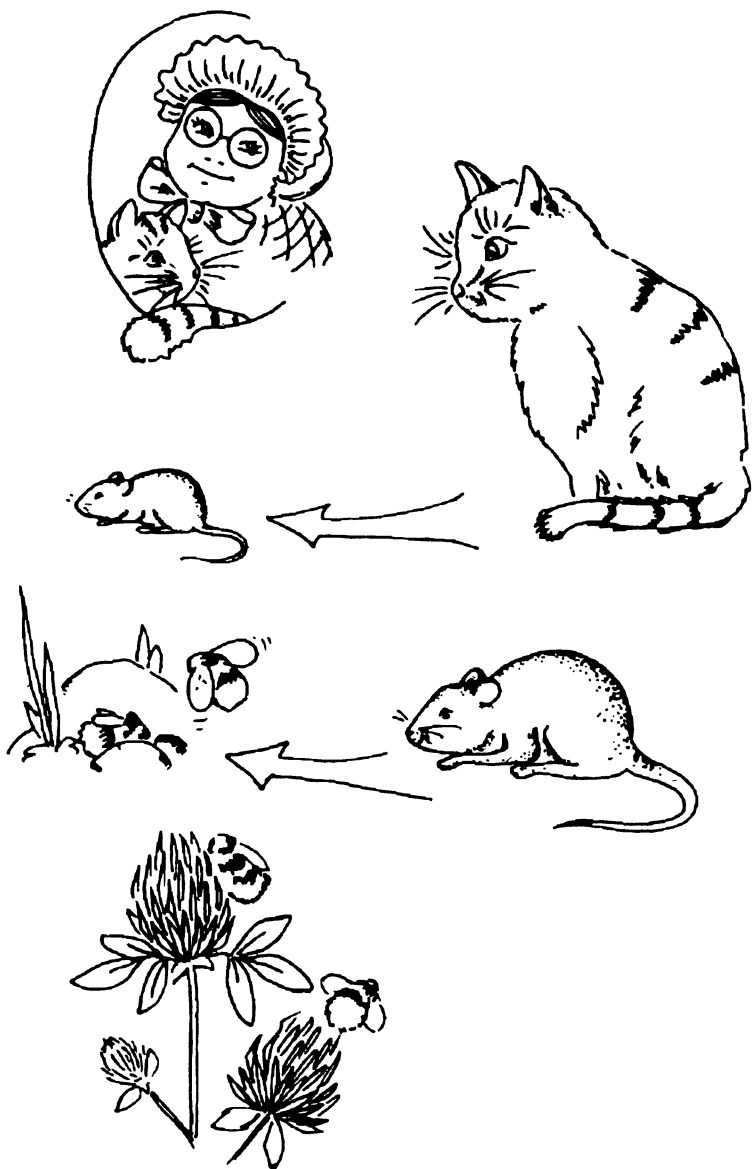


Рис. 22. Пример взаимодействия организмов, предложенный в свое время Ч. Дарвином

на другой (так осуществляется половое размножение у растений). Чем больше опылено растений, тем выше урожай клевера, а значит, и больше корма для коров. Когда коров лучше кормят, они дают больше молока.

Можно продолжить пример Дарвина и сказать, что чем больше молока дают коровы, тем больше кошек могут держать старые девы.

В этом примере Дарвина можно увидеть более сложные связи организмов, чем просто «кто кого ест». Во-первых, шмели получают пищу от цветков клевера, но при этом приносят пользу растениям, опыляя цветки. Это пример взаимодействия насекомых и растений, при котором оба организма получают пользу. Во-вторых, кошки, уничтожая мышей, приносят пользу шмелям. Это показывает, что благодаря разнообразию связей между организмами дело редко ограничивается взаимодействием двух организмов, обычно последствия затрагивают и других животных или растения.

§ 1. Примеры биоценозов

ОБИТАТЕЛИ ЛИСТВЕННОГО ЛЕСА И ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Что можно увидеть в лесу невооруженным глазом без всяких исследований? Прежде всего — различные растения: деревья, кустарники, травы. Можно увидеть разнообразные цветы, а также бабочек, мух, жуков, пчел, которые перелетают с цветка на цветок. На листьях растений можно встретить гусениц, поедающих листья, улиток. На земле можно заметить жуков, сороконожек, а в земле — дождевых червей. Иногда удастся увидеть ежа, ящерицу, лягушку, зайца и даже лося (рис. 23).

Среди веток можно обнаружить растянутую паутину, а на ней паука, который ждет добычу — муху или комара. На деревьях иногда можно заметить птичьи гнезда. О том, что в лесу есть птицы, можно узнать по звукам: то услышишь кукушку, то стук дятла. А иногда повезет и ты увидишь белку, перепрыгивающую с ветки на ветку.

Как же эти животные связаны между собой?

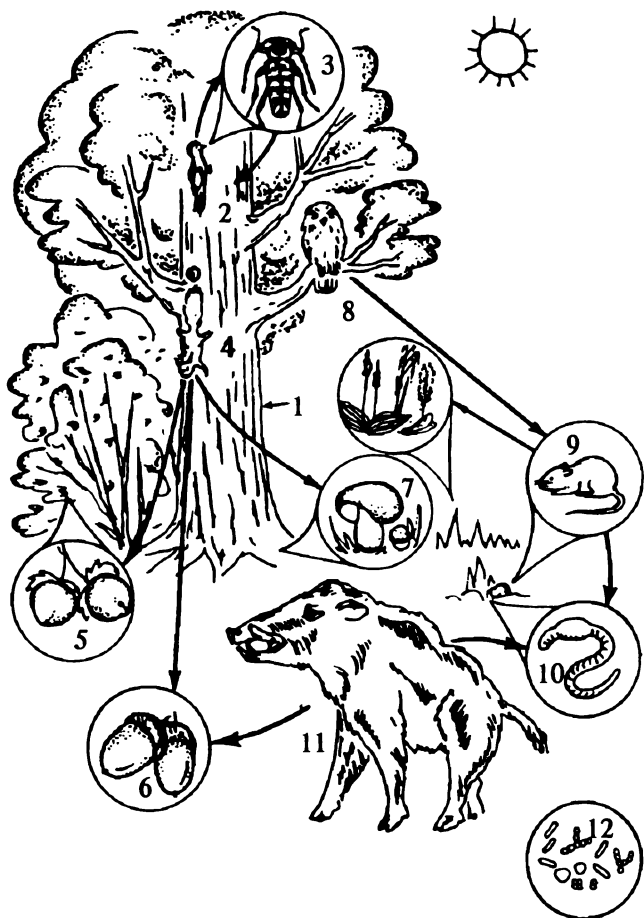


Рис. 23. Обитатели лиственного леса и пищевые цепи в нем:

1 — дуб; 2 — дятел; 3 — жук-дровосек; 4 — белка; 5 — лещина; 6 — желудь; 7 — белый гриб; 8 — сова; 9 — мышь; 10 — дождевой червь; 11 — кабан; 12 — почвенные бактерии

Начнем с вопроса: «кто кого ест?», или, другими словами, чем питаются все эти организмы? Многие животные питаются растениями. Так, бабочки, мухи, пчелы ищут пищу в цветах. Гусеницы и улитки едят листья. Белка грызет орехи. Многие птицы питаются зернами и ягодами. Зайцы и лоси кормятся растениями — листьями и ветками.

Среди жуков есть хищники, которые питаются другими мелкими организмами. Например, божьи коровки едят тлей. Жужжелицы тоже хищные жуки. Сороконожки тоже хищники.

Насекомых едят ящерицы, лягушки, ежи. Многие птицы тоже ловят насекомых — мух, бабочек, склевывают с листьев гусениц.

Если в лесу встретится муравейник, особенно больших чернорыжих муравьев, то можно видеть, что муравьи тащут в муравейник разнообразную добычу: тут можно встретить и дождевого червя, и гусеницу, и более мелких муравьев.

Если в лесу есть лисы, то они ловят мышей и зайцев, но могут иногда поймать и белку, спустившуюся на землю, и лягушку.

За мелкими птицами охотятся более крупные хищные птицы, например ястребы.

Однако связи между организмами не сводятся лишь к тому, что одни являются пищей для других.

Мы уже говорили, что многие насекомые приносят большую пользу растениям, опыляя их. Когда мы рассказывали о размножении многоклеточных животных, то говорили, что при размножении у них сливаются две клетки (гаметы). Растения размножаются именно таким способом. Специальная пыльцевая клетка должна попасть в определенное место цветка — на пестик, чтобы в дальнейшем произошло слияние клеток. У некоторых растений пыльца переносится на нужное место цветка ветром. Но у большинства цветков перенос пыльцы осуществляют насекомые. В дальнейшем вы узнаете, что у цветков есть множество специальных приспособлений для того, чтобы привлекать насекомых.

Вы никогда не задумывались, почему цветки такие красивые — ярко-красные, фиолетовые, голубые, — что их легко заметить? Зачем это нужно растениям? Как раз для того, чтобы их хорошо видели насекомые-опылители.

Возьмем другой пример. Белка собирает орехи и делает запасы на зиму. Когда она несет орех в свою кладовую, то может иногда уронить его. Если орех упал в удачном месте, он прорастет. Получается, что белка «придельывает ореху ноги». Если бы не белка (и некоторые другие животные) — орехи росли бы в меньшем числе мест.

А вот какая-то птичка нашла пищу и громко закричала. К этому месту слетаются другие птицы. Им не надо тратить время на поиск пищи. Так птицы, часто разных видов, помогают друг другу.

Можно думать, что такие хищники, как волки, лисы, ястребы, коршуны, ни для кого не полезны. Но это не так. Однажды в Швеции решили перестрелять всех ястребов, чтобы в стране стало больше тетеревов и рябчиков. И действительно, сначала на радость охотникам тетеревов стало больше. Но через несколько лет среди них распространилось какое-то заболевание и количество их стало стремительно уменьшаться. Оказывается, хищники ловили больных, ослабленных тетеревов и тем предотвращали распространение болезни. После этого пришлось завозить в Швецию ястребов из других стран.

Этот пример показывает, что вмешательство человека в природные сообщества может приводить совсем не к тем результатам, на которые он рассчитывал.

Так что и хищники могут играть важную и, даже полезную роль. Недаром существует пословица: «На то и щука в море, чтобы карась не дремал». Народы, жизнь которых тесно связана с природой, давно заметили особую роль хищников. Например, у Саами есть миф о Разийке — богине травы и пастбищ, покровительнице северных оленей. Миф рассказывает, что под ее покровительством олени так размножились, что съели всю траву и стали погибать от голода. Тогда другой бог создал волков, чтобы они сократили число оленей и очистили землю от трупов погибших животных.

? На уроках истории вам рассказывали о мифах древних народов. В каких мифах действуют животные? Какие? Какую роль они играют?

Вы изучали на уроках истории Древний Египет. Какие животные в Египте считались священными? Подумайте, почему именно они считались священными? За какие качества этих животных почитали?

А теперь вернемся к лесному сообществу. В мифе Саами волки не только уменьшили число оленей, но и очистили землю от трупов. Это очень важная проблема. По тем или иным причинам погибают животные и растения — животные умирают от болезней, а деревья могут быть повалены бурей. Кто же очищает лес от погибших организмов? Этой работой заняты многие насекомые. Например, муравьи приносят в муравейник погибших насекомых, трупами животных питаются некоторые жуки, личинки мух. Но основную часть этой работы выполняют бактерии, разрушающие разнообраз-

ные остатки. Постепенно сгнивает упавшее дерево — это работа бактерий. Сгнивают опавшие листья — и это в основном работа бактерий. Впрочем, бактериям помогают и грибы, а в уничтожении опавших листьев — дождевые черви.

Так что в лесу, кроме бросающихся в глаза событий — беготни муравьев, жужжания шмелей — идет и тихая незаметная, но очень важная работа по разрушению остатков.

Идет в лесу и множество других незаметных процессов. Например, мы говорили, что животные поедают друг друга. А замечают ли друг друга растения или нет? Оказывается, очень даже замечают. Всем растениям нужен свет. Но более высокое растение с крупными листьями загораживает от света низкие растения, не пропускает к ним свет, а значит, замедляет их рост. В то же время есть тенелюбивые растения, которые плохо переносят яркий солнечный свет. Для них тень большого растения, напротив, полезна.

Всем растениям нужна вода. Но ее запасы в почве ограничены. Чем больше воды всосут корни одного растения, тем меньше достанется на долю соседей.

Такое соревнование за свет, воду и другие вещества все время идет между соседними растениями. Ученые называют его *конкуренцией*. Конкуренция идет и между животными. Это может быть конкуренция за пищу, за места, где удобно построить гнезда, и т. д.

Итак, мы рассмотрели некоторые взаимоотношения между обитателями лиственного леса. В действительности они гораздо более сложны и запутаны. *Все животные, растения, бактерии, простейшие и грибы, которые обитают в лесу и взаимодействуют друг с другом, называются сообществом, или экологической системой, или биоценозом леса.*

«Сообщество» подчеркивает совместное обитание.

Название «экологическая система» возникло от слова «экология». *Экология — это наука, которая изучает взаимоотношения организмов, населяющих какую-то территорию, друг с другом и с окружающей средой.* Это слово произошло от двух греческих слов: «эко» — жилище, местообитание и «логия» — наука.

Если люди не знают законов экологии и вмешиваются в экологические системы, то это ведет к нежелательным последствиям. Один пример с отстрелом хищных птиц в Швеции мы уже приводили. Приведем еще пример, тоже связанный с птицами.

Несколько десятилетий назад в Китае велась всенародная борьба с мелкими птицами (воробьями и др.). Всякий человек, увидевший такую птицу, должен был за ней гнаться. Советские ученые, которые в то время ездили в командировки в Китай, рассказывали, как их вначале удивляло, когда какой-нибудь большой начальник в середине разговора вдруг срывался с места и, громко крича, мчался за птицей. Птицу гоняли до тех пор, пока она не падала от утомления на землю, и тогда добивали.

Зачем это делали? Население в Китае велико, а пищи мало. Считалось, что птицы, таская зерно, потребляют часть урожая, а уничтожение птиц позволит увеличить сбор урожая. Однако результаты оказались весьма плачевными.

Дело в том, что зерноядные птицы выкармливают своих птенцов насекомыми. Уничтожение заметного числа птиц сразу же привело к размножению насекомых, поедающих зерно. В результате после уничтожения птиц сбор урожая не увеличился, а уменьшился. Да, птицы съели меньше, зато насекомые съели больше.

Этот пример показывает, что, вмешиваясь в экологическую систему без знания ее законов, человек легко может получить результат, прямо противоположный тому, на который он рассчитывал.

Мы привели очень простые примеры. Опытный эколог мог бы заранее предсказать, к чему приведет уничтожение хищных птиц или воробьев. Но экологические системы очень сложны, организмов много, связи запутаны. Из-за этого бывает очень трудно предугадать, что произойдет с системой при вмешательстве человека.

Естественная экологическая система обычно находится в некотором сбалансированном состоянии или, как говорят, в состоянии равновесия. Если вдруг в какой-то год будет особо большой урожай орехов, то в сообществе может появиться больше белок. Но на следующий год урожай будет средним, часть белок выловят хищники (хищников тоже может стать на время больше, чем было) и все опять вернется к некоторому среднему уровню.

Сильное вмешательство в жизнь сложной экосистемы может нарушить равновесие, привести к гибели системы или к неожиданным ее изменениям.

Скажем еще про термин «биоценоз», который тоже очень часто встречается. «Ценоз» — это греческое слово, означающее «общий», а «био», как вы уже знаете, означает «жизнь».

Давайте теперь рассмотрим еще один биоценоз.

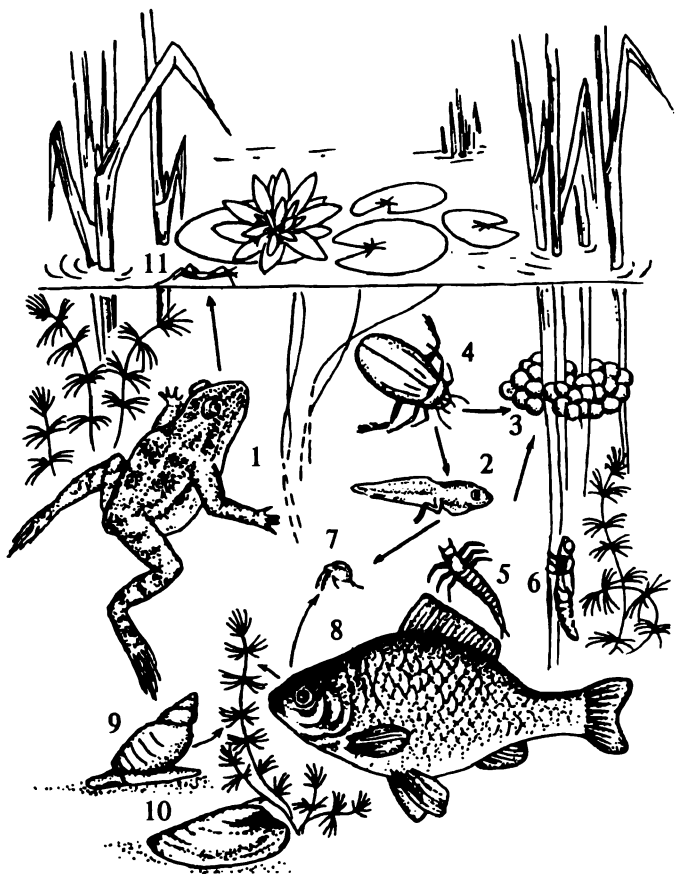


Рис. 24. Обитатели озера и пищевые цепи в нем:

1 — лягушка; 2 — головастик; 3 — лягушачья икра; 4 — жук-плавунец; 5 — личинка плавунца; 6 — личинка стрекозы; 7 — дафния; 8 — карась; 9 — прудовик; 10 — перловица; 11 — водомерка

БИОЦЕНОЗ ОЗЕРА

В пруду или в озере мы увидим совсем другие растения и иных животных, чем в лесу. По берегам может расти камыш, а из воды выглядывают цветы кувшинок. По поверхности воды плавает ряска. На дне растут разные водоросли (рис. 24).

В толще воды плавают разнообразные одноклеточные водоросли, бактерии, простейшие. Кроме того, в воде можно встретить разных мелких рачков — дафний, циклопов. Мы не сказали вам, что простейшие встречаются и в лесу, про это будет идти речь дальше. Вообще, в большинстве биоценозов встречаются те или иные представители всех пяти царств природы.

На дне живут личинки комаров и некоторых других насекомых. По поверхности воды бегают водомерки, на водорослях и других растениях живут разные улитки. В озере можно найти и хищников, таких, как жук-плавунец или личинка стрекозы.

Можно увидеть там стайки головастиков (личинки лягушек) и самих лягушек, тритонов и разных рыб.

И сам биоценоз озера, и условия его жизни совсем другие, чем в лесу. Тут нет конкуренции за воду, как у лесных растений — ведь воды вокруг сколько угодно. Тут можно питаться совсем иначе, чем в лесу, профильтровывая воду через какие-то устройства и улавливая организмы, плавающие в воде. Здесь другой мир и иные отношения.

Задача. Попробуйте сами путем наблюдений или с помощью книг и учителя разобраться в пищевых связях обитателей пруда или озера.

Мы видим, как сильно отличаются биоценозы леса и озера. А если взять другие континенты — Африку, Америку, Австралию, населенные совсем другими животными, то мы встретимся с новыми биоценозами.

Это разнообразие хорошо видно на примере сказок разных народов. В сказках народов, населяющих острова океанов, вы встретитесь с акулами и медузами, в сказках жителей Африки — с обезьянами, слонами и попугаями.

Задача. Составьте списки зверей, птиц и других живых существ, которые встречаются в сказках разных народов (один ученик может выбрать, например, сказки жителей Австралии, другой — Африки). В последние годы вышло много книг в серии «Сказки народов мира». Очень советуем прочитать книгу «Сказки дядюшки Римуса» (это сказки негров, живущих в Северной Америке). Интересно, всюду ли похожие животные наделяются сходными характерами, например у всех ли народов в сказках лиса — хитрая?

Какие животные и растения живут на разных континентах и какие сообщества они образуют — все это изучает наука *биогеография*. А как вы думаете, почему тигры не живут в Америке, а муравьеды — в Подмосковье?

Можно ли разобраться в огромном разнообразии сообществ Земли? Есть ли какие-то общие правила и закономерности, пригодные для разных биоценозов — и для леса, и для пруда, и для пустыни? Или, может быть, в экологии приходится искать свои особые закономерности для каждого биоценоза?

Оказывается для разных биоценозов существуют некоторые общие правила (а есть и особые).

§ 2. Потоки вещества и энергии в биоценозе

Есть такое выражение: «Мы обязаны им жизнью!» Иногда это говорят о врачах, предотвративших эпидемию, иногда о пожарных, которые спасли людей с 10-го этажа пылавшего дома. Но едва ли кому-то придет в голову сказать, глядя на листья подорожника, березу или цветок клевера: «Мы обязаны им жизнью!» И действительно, если сорвать этот цветок или сломать дерево, никто из нас не умрет. И тем не менее, если иметь в виду не отдельный цветок и не отдельное дерево, а все растения вместе, будет совершенно справедливо сказать, что мы обязаны им жизнью. И даже — дважды! Но, прежде чем объяснить, что мы имеем в виду, рассмотрим так называемые круговые, или циклические, процессы.

КРУГОВЫЕ, ИЛИ ЦИКЛИЧЕСКИЕ, ПРОЦЕССЫ

Уже первобытные охотники знали, что у животных имеется сердце. Но зачем оно нужно, выяснилось относительно недавно. Было известно, что из сердца вытекает кровь, которая поступает в другие части тела. Но люди думали, что кровь вырабатывается в сердце и расходуется в тех частях организма, куда она поступает. Римский врач Гален считал, что кровь вырабатывается в желудке, а в сердце она подогревается, и сердце таким образом выполняет роль печки. И только в XVII в. было установлено, что кровь находится в непрерывном движении по замкнутому кругу. Это

показал в 1628 г. английский врач Вильям Гарвей. Кровь из сердца поступает по системе трубочек (их называют сосудами) к разным органам тела, а потом вновь возвращается в сердце. Этот процесс называют кровообращением; такое название подчеркивает кругооборот крови.

Движение веществ в замкнутой системе встречается и в технике. Так, например, вещества, которые проходят через реактор атомной электростанции, охлаждаются в специальном холодильнике и вновь возвращаются в реактор. Их не выбрасывают наружу, чтобы в окружающую среду не попали радиоактивные вещества.

Догадаться о движении крови по кругу было трудно, но все же в этом случае вся система движения жидкости была в некотором смысле перед глазами наблюдателя. Еще сложнее было догадаться о явлении, о котором вы, конечно, знаете из уроков географии, его называют круговоротом воды в природе.

Когда человек смотрит на текущий ручей, ему не приходит в голову спросить, откуда же все время берется вода и почему она вся не вытечет, например, за 1000 или 100 тыс. лет. Ведь вода всегда течет сверху вниз. Из ручьев она попадает в реки, из рек — в моря. Если бы вся вода вытекла, то суша превратилась бы в пустыню. А секрет состоит в том, что вода морей и океанов испаряется, собирается в облака. Ветер уносит облака от морей к суше, и вода в виде дождя или снега опять попадает на высокие места. Таким образом, вода все время двигается по кругу (рис. 25).

И при движении крови, и при движении воды в природе затрачивается энергия. Собственно сердце — это и есть насос, который тратит энергию и перекачивает кровь. А какая же энергия переносит воду в природе? Это энергия Солнца. Солнце по-разному нагревает разные участки земли и поэтому возникает ветер, который переносит облака от морей к суше.

Такие процессы, при которых что-то двигается по кругу, когда одно и то же событие многократно повторяется, называют *циклическими*. Название происходит от греческого слова «циклос», которое означает «колесо», «круг», «кругооборот». По-латыни слово «круг» звучало похоже — «циркулюс»; от него получили названия инструмента для рисования окружностей — циркуль, а также цирк — с его круговой ареной; круглые кратеры лунных вулканов тоже называют цирками; круглая дисковая пила называется циркулярной. Круговорот крови в организме или воды в природе называют еще словом *циркуляция*.

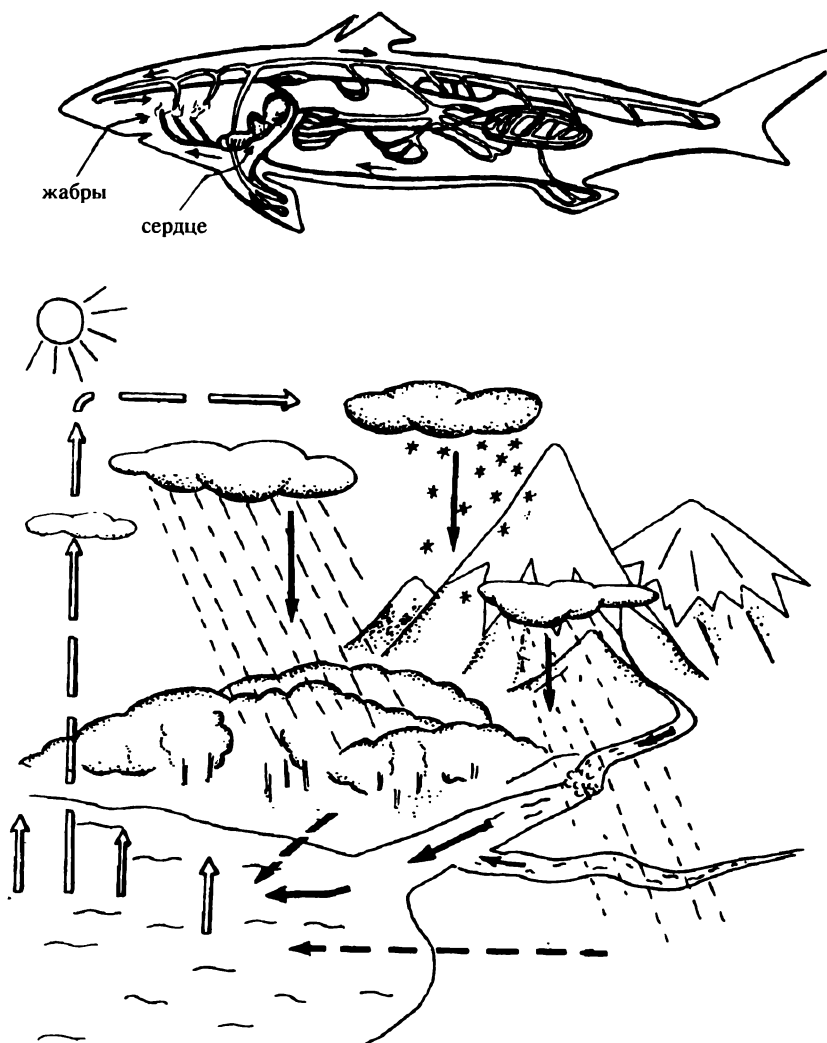


Рис. 25. Циклическое движение крови в кровеносной системе акулы (вверху) и круговорот воды в природе (внизу)

На верхнем рисунке стрелки показывают направление движения крови (от сердца к жабрам, а оттуда к голове и к разным органам туловища); белым цветом показаны сосуды, по которым к органам приходит кровь, богатая кислородом, а черным цветом показаны сосуды, по которым течет кровь, бедная кислородом

? В каких циклических процессах участвует металлолом? макулатура? Какие еще циклические процессы вы знаете?

А теперь рассмотрим один старинный опыт. Если взять стеклянный колпак и поставить его на подставку так, чтобы между ними не мог проходить воздух, а под колпак поместить мышь, то через некоторое время мышь начнет задыхаться и погибнет. Всего 200 лет назад было выяснено, в чем причина гибели мыши. Во время дыхания мышь вдыхает с воздухом кислород, который тратится на сжигание пищи, а выдыхает углекислый газ. Когда весь кислород под стеклянным колпаком будет израсходован, мышь погибает от недостатка кислорода.

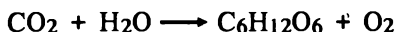
Но если в замкнутом пространстве кроме животного держать еще и растения, то оно может прожить достаточно долго, и если погибнет, то только от голода. Отсюда можно сделать вывод, что растения возобновляют запас кислорода в пространстве под колпаком. Таким образом, получается циклический процесс: мышь поглощает кислород — в ее организме он соединяется с углеродом и образуется углекислый газ — этот газ мышь выдыхает — растение поглощает углекислый газ, отделяет от него кислород — этот кислород растение выделяет в окружающую среду.

Ученым потребовалось очень много времени, чтобы понять эти процессы. В них удалось разобраться с помощью разнообразных опытов, о которых вы узнаете на уроках химии. В нашем же опыте с мышью процесс циркуляции кислорода происходил в замкнутом пространстве, можно сказать, на глазах и под контролем экспериментатора.

Труднее было догадаться про круговорот кислорода в природе (кислородный цикл). В природе тысячи и миллионы животных дышат кислородом и выдыхают углекислый газ. Кроме того, при лесных пожарах, которые возникают от удара молнии или из-за неосторожности людей, на горение тоже затрачивается кислород. Кислород расходуется и при сжигании дров и угля в топках котельных, в печах домов, на электростанциях. Подобно тому как вся вода утекла бы в море, если не было бы обратного процесса, так и весь кислород давно исчез бы из атмосферы за счет дыхания и горения. Но растения потребляют углекислый газ и выделяют кислород. Так идет круговорот кислорода. И вот, не дав нам задохнуться, растения первый раз спасают нас от смерти.

Вы уже знаете, что для круговорота веществ нужна энергия. Откуда же она берется в случае цикла кислорода? Оказывается, как и при круговороте воды в природе, эта энергия доставляется светом Солнца. Фотосинтез в темноте не происходит, а без него нет и выделения кислорода.

Процесс фотосинтеза с точки зрения химии описывается так:



Эта схема означает следующее: растения под действием света умеют создавать из углекислого газа и воды сложные молекулы (здесь написана формула глюкозы) и при этом выделяют кислород.

А каким же образом растения спасают нас от гибели вторично? Ответ содержится в той же формуле: кроме цикла кислорода она говорит и о цикле углерода. Ведь при дыхании и при горении накапливается в атмосфере углекислый газ, а с ним углерод. Если бы не растения, углерод израсходовался бы и ушел в атмосферу. Но растения не только возвращают углерод, они еще включают его в питательные вещества: в сахара, жиры и другие вещества. А животные с углекислым газом ничего сделать не могут. Таким образом, если первый раз растения спасают нас от смерти, не дав нам задохнуться, то второй раз они спасают нас от голодной смерти.

Они спасают не только нас, но и всех животных на Земле. *Какой бы биоценоз мы ни взяли, в него обязательно входят растения, которые в процессе фотосинтеза создают вещества, служащие пищей для других обитателей биоценоза.*

Итак, без растений все другие организмы погибли бы, кроме некоторых бактерий, которые сами умеют синтезировать органические вещества из неорганических. А что стало бы с растениями, если бы не было других организмов? Могли бы они существовать сами по себе? (Сначала подумайте над этим вопросом и обсудите его с товарищами, а потом читайте дальше.)

Растения нуждаются в углекислом газе так же, как животные в кислороде. Если бы животные исчезли, растения постепенно извлекли бы из атмосферы весь углекислый газ и им стало бы нечем питаться. Но, оказывается, растения и животные не смогли бы достаточно долго прожить на Земле, если бы не было бактерий, грибов и простейших.

Предположим, на Земле существуют только растения и животные. Пусть с кислородом и углекислым газом все в порядке. Но и растения, и животные умирают от старости или погибают от

случайных причин. В трупах животных и стволах погибших растений имеются разные молекулы, которые необходимы для жизни. Вместе с мертвыми организмами эти вещества уйдут из круговорота природы. Через некоторое время вся земля покроется стволами растений и трупами животных, а оставшимся в живых не хватит необходимых веществ. В конце концов и растения, и животные погибнут.

Возьмем для примера круговорот азота. Как мы уже говорили, этот необходимый для жизни элемент входит в разные важнейшие молекулы живых организмов. Животные получают азот, поедая растения. Но откуда берут азот сами растения? Оказывается, растения не умеют использовать азот воздуха, подобно тому как используют углекислый газ. Они должны получать его из почвы в виде разных соединений. Но эти соединения постепенно исчерпываются. Только бактерии, простейшие и грибы, разлагая остатки погибших животных и растений, возвращают соединения азота в почву и делают азот доступным для растений. Некоторые бактерии умеют использовать азот воздуха и включать его в свой организм; эти бактерии дополнительно обогащают почву соединениями азота.

? Может ли существовать сообщество, состоящее только из растений и бактерий?

Итак, в сообществах обязательно имеются растения, которые создают (продуцируют) органические вещества. Такие организмы в науке называют «продуцентами»: они создают продукцию. Кроме того, в биоценозе обычно имеются животные. Среди них *травоядные*, т. е. те, которые питаются растениями, и *хищники*, или *паразиты*, живущие за счет других животных. Наконец, в сообществах обязательно есть организмы, разрушающие органические молекулы, перерабатывающие умершие организмы. Их называют «редуцентами» — от латинского слова «редуцер», что означает приводить обратно, возвращать, упрощать; ведь эти организмы возвращают в почву или в воду те вещества, которые накопились в растениях или животных.

Когда мы начали рассматривать сообщества лиственного леса и пруда, мы поставили вопрос: есть ли какие-то общие правила, которым подчиняется большинство сообществ? Теперь мы можем ответить на него: чтобы сообщество могло долго существовать, в нем обязательно должны быть продуценты и редуценты.

СООБЩЕСТВА И ПОЛЕТ К МАРСУ

Дальние космические полеты продлятся несколько лет. Очень трудно взять с собой груз пищи и воды для экипажа, рассчитанный на столь долгий срок. Поэтому ученые работают над созданием замкнутой экологической системы, где все вещества в результате циклических процессов использовались бы многократно.

Такие системы отрабатываются пока в условиях Земли. Добровольцы проводят длительные сроки в замкнутом пространстве. Испытываются всевозможные продуценты и редуценты: разные растения, разные бактерии. Без разработки таких искусственных сообществ люди не смогут освоить далекий космос.

ОТ АТОМОВ К СООБЩЕСТВАМ

1. Все окружающие нас предметы, организмы, минералы, вещества, планеты и звезды состоят из атомов. Имеется примерно 100 разных видов атомов. Строение атомов изучает наука *физика*.

2. Атомы объединяются в молекулы. Молекулы могут вступать в химические реакции. Строение молекул и их реакции изучает наука *химия*.

3. В организмах встречаются такие молекулы и такие химические реакции, которых нет в неживой природе. Эти молекулы и реакции изучают особые науки: *биологическая химия* и *молекулярная биология*.

4. Из молекул построены клетки и все их составные части, например ядро. Строение клеток и процессы, идущие в клетках, изучает наука *цитология*.

5. Из клеток состоят организмы (бактерии, растения, животные, грибы и простейшие) и, в частности, человек. Организмы изучаются множеством биологических наук.

Такие процессы в организмах, как питание, дыхание и др., изучает наука *физиология* (существует как физиология растений, так и физиология животных), а строение этих организмов изучает наука *анатомия* (анатомия растений, животных, грибов).

Есть науки, которые изучают ту или иную группу организмов. *Ботаника* изучает растения, *зоология* — животных, *бактериология* — бактерий, *протистология* — простейших, *микология* — грибы.

Развитие зародышей от половой клетки до взрослого состояния изучает наука *эмбриология*.

Классификацией организмов занимается наука *систематика*. Повадки животных, их привычки и поведение изучает особая наука — *этология*, или *психология животных*.

Есть еще одна очень важная наука, о которой мы ничего не говорили раньше, эта наука — *генетика*. Она выясняет, почему дети похожи на своих родителей и как признаки родителей передаются их потомкам.

Наконец, есть еще *эволюционная теория*, которая изучает развитие жизни на Земле от ее зарождения до настоящего момента. С ней тесно связана *палеонтология* — наука о вымерших животных, которые когда-то жили на Земле. Впрочем, эволюционная теория изучает не только изменение отдельных организмов, но и изменение сообществ за время развития жизни на Земле.

6. Организмы образуют сообщества, или биотопы. Сообщества и процессы в них изучает наука *экология*.

Все эти науки тесно связаны друг с другом, и мы постараемся показать вам эти связи. Дальше, в 6—9 классах, вы узнаете про основные достижения этих наук, а также про то, какие другие биологические науки существуют и чем они занимаются.

Во втором полугодии 6-го класса вы узнаете о бактериях, а в 7-м классе — о простейших, растениях, животных и грибах. В 8-м классе основное время будет посвящено генетике и эволюционной теории. Наконец, в 9-м классе вы узнаете о достижениях цитологии, молекулярной биологии, эмбриологии, физиологии и психологии животных.

ЦАРСТВО БАКТЕРИЙ

ВВЕДЕНИЕ

Каждый с детства знает о существовании бактерий, хотя никогда их не видел. «Мойте руки перед едой! Мойте фрукты и овощи!» — именно такие советы все время дают нам родители. Дело вовсе не в том, что руки или фрукты будут грязными, если их не вымыть. Почти на любом предмете можно найти тысячи и миллионы мельчайших бактерий, среди которых могут попасться вовсе не полезные для нашего здоровья. Кто не наблюдал, как мамы говорят детишкам поменьше: «Фу, бяка! Не тащи все подряд в рот! Хочешь дизентерией заболеть?» Стараясь запугать малыша, мама тем не менее говорит ему правду. Пусть он пока не знает, что такое дизентерия, однако он уже подозревает в этом слове что-то нехорошее. Бактерии могут вызывать не только дизентерию, но и очень много самых разных заболеваний человека и других животных. Эти болезни бывают тяжелыми и легкими, заразными и незаразными. Медицина достигла больших успехов в запугивании нас микробами и борьбе с ними. (Микробами называют очень многие существа.) Зная, что вы заболели, к несчастью, «заразным» заболеванием, вы наверняка постараетесь, чтобы ваши близкие и друзья не заразились от вас. Чтобы предотвратить «расползание» особо опасных для здоровья бактерий, а вместе с ними и заболеваний, объявляют карантин. Чем серьезнее заболевание и чем быстрее распространяются бактерии, его вызывающие, тем строже карантин. При карантине стараются, чтобы люди поменьше контактировали друг с другом.

Может случиться, что вы пока ничего плохого не чувствуете и пришли в школу, а внутри вас уже успели поселиться опасные бактерии и незаметно выходят наружу. В этом случае лучше отказаться от занятий в разных кабинетах и сидеть в одном. Эта простая мера значительно снизит число контактов. «Но ведь я и так дружу только с одноклассниками и буду контактировать только с ними и когда мы сами приходим в кабинет биологии, и когда сидим в своем классе, а учитель биологии приходит к нам», — можете сказать вы. Но контактируете вы не только с друзьями, но и с бактериями, которых невооруженным глазом не видно. Вот этого-то контакта вы можете не заметить. Допустим, у вас есть привычка грызть кончик карандаша или шариковой ручки. И хотя вы еще не заболели, но вредные бактерии уже поселились в вашем организме. Вместе со слюной бактерии попали на ручку, вы ее положили на парту, и бактерии «прилипли» к парте (они остались и на ручке — ведь бактерий очень много). На следующем уроке за вашу парту сел кто-нибудь из ребят параллельного класса и выложил на нее тетрадку. Бактерии «прилипли» к тетради. После урока он положил тетрадку в портфель, а рядом оказался бутерброд, который дала ему мама на завтрак. Бактерии, естественно, с тетрадки «переклеились» на бутерброд. Как только ваш товарищ из параллельного класса съест бутерброд, можно сказать, что контакт состоялся: в его организм попали ваши опасные для здоровья бактерии. Теперь и он заболеет, хотя несколько позже, чем вы. Ведь бактериям необходимо время, чтобы размножиться в новых условиях и вызвать нежелательные явления.

- Задачи. 1. Придумайте, как можно прервать цепочку распространения бактерий и не допустить, чтобы они заразили кого-нибудь из параллельного класса в описанном нами случае. Постарайтесь придумать несколько способов.
2. Понаблюдайте за различными привычками ребят вашего класса и постарайтесь «предложить» бактериям еще несколько путей распространения от одного ученика к другому. (Путь начинается от слюны или из полости носа одного человека и кончается попаданием в рот или в нос другого.) Проконсультируйтесь с учителем, насколько осуществимы придуманные вами «цепочки» распространения бактерий.

§1. Как люди узнали о том, что бактерии вызывают опасные заболевания

Мельчайшие частички, которые нельзя увидеть глазом, вызывают болезни у человека и животных. Как, кому и когда пришла эта мысль в голову? «Мельчайшие частицы, — задумаетесь вы. — Где-то о них мы уже слышали. Ага: Древняя Греция, Демокрит! Только там частички назывались «атомы» и не вызывали никаких болезней». Но вспомните о том, как греки судили Демокрита. Кто давал «медицинское заключение», что Демокрит не страдает душевным расстройством? Вспомнили? Правильно: великий врач Древней Эллады Гиппократ. Он подружился с Демокритом, очень любил с ним беседовать. О чем? Можно только догадываться. Демокрит рассказывал Гиппократу об атомах, а Гиппократ Демокриту — о людских болезнях. Атомы у Демокрита были одушевленными, живыми созданиями. Они проявляли свои склонности, любили одних и ненавидели других. Например, атомы «огня» терпеть не могли атомов «воды». Почему бы, подумал Гиппократ, не быть атомам болезней? Они бы переносились от больных людей к здоровым, подобно тому как атомы влаги могут отрываться от моря и оседать на одежде. Сухая одежда становится влажной у моря. Точно так же и здоровый человек заболевает, находясь рядом с больным человеком. Конечно же, у болезней должны быть свои атомы! Они отрываются от больного человека и оседают на здоровом. У каждой болезни свой нрав, свои особенности. Значит, атомы болезней тоже имеют свои вкусы и привязанности. (Не забывайте, что ни Демокрит, ни Гиппократ о сотне с небольшим сортов атомов, молекулах и мельчайших «зверушках» еще совершенно не знали.)

Книги Гиппократа еще долго пользовались уважением. Может быть, средневековый арабский врач Абу-Али ибн Сина, известный в Европе под именем Авиценны, прочитал какой-нибудь трактат знаменитого грека. А может быть, собственные наблюдения привели его к той же самой мысли. Так или иначе, в трактатах Абу-Али ибн Сины мы находим все ту же идею о мельчайших существах, вызывающих болезни. «Эти существа передаются незаметно, они не видны глазом. Но если на их пути поставить карантин (т. е. изолировать больного), то заражения не наступит. Они подобны мелким насекомым, клещам, которые впиваются в тело больного». Нужно было обладать большой фантазией, чтобы предположить существование целого мира, не доступного нашему глазу.

Чудаковатый голландец Левенгук и итальянский священник Спалланцани открыли этот мир. Они увидели и описали свойства мельчайших «зверьков». Но в те времена ученые никак не могли предполагать, что мир «анималькусов» враждебен для человека. Прошло еще немало лет, прежде чем Шванн и Шлейден создали клеточную теорию.

Немецкий врач и ученый Рудольф Вирхов (помните его?) взял на вооружение медицины клеточную теорию. Вирхов считал так: болезни происходят оттого, что клетки организма болезненно изменились. Это была прогрессивная по тем временам теория. Незадолго до Вирхова считалось, что причина всех болезней — неправильное смешение «основных жидкостей организма» — крови, желчи, лимфы и т. п. Самыми обычными анализами было выяснение химического состава этих жидкостей, а методами лечения — кровопускание (чтобы «крови стало меньше и ее пропорция понизилась, отчего должна пройти и горячность»). Вирхов заставил своих современников-врачей засесть за микроскопы и рассматривать больные органы. А уж после того как врачи научились следить за патологическим (патологический в переводе с латыни — «болезненный», отсюда же происходит слово «пациент» — «больной») процессом в микроскоп, они открыли то, чего не могли не открыть. При многих заболеваниях в органах человека среди клеток очень часто можно было увидеть микроорганизмы. Правда, сам Вирхов только в глубокой старости поверил в болезнетворность микробов. А в момент зарождения науки о микробах — *микробиологии* — он выступал ее яростным противником, считая, что микробы не могут вызывать болезней.

Великая честь показать роль бактерий в заболеваниях выпала Роберту Коху (1843—1910). В то время Кох был молодым, увлеченным, мечтательным человеком, лишь недавно получившим диплом врача. Ему приходилось заниматься практикой в самых разных местах Германской империи, далеких от центров научной жизни. В эти годы Кох искал приличный заработок, который помог бы ему обеспечить семью. В любую минуту доктор Кох мог потребоваться своим пациентам — его могли вызвать и днем, и ночью. Иногда вызовы были по самым незначительным поводам: «Ах! У барышни болела голова, но пока ездили за Вами, головная боль, к счастью, прошла», — могли сказать Коху. Даже в день рождения Коха могли вызвать к больному — ведь он был единственным лекарем во всей округе!

Как-то раз, в один из дней рождения своего супруга, фрау Кох подарила ему микроскоп и тотчас же буквально лишилась своего мужа. (А что бы вы стали делать, если бы вам на день рождения подарили настоящий микроскоп?) Новая «игрушка» вскоре была освоена: Кох научился ловить солнечный зайчик маленьким зеркальцем, немножечко затемнять луч, чтобы свет не слепил глаза, тщательно протирать стеклышко перед тем, как положить на него препарат. (Если на стеклышке останутся невидимые глазу частички, то можно увидеть такое! Невозможно бывает разобрать, где на стеклышке грязь, а где микроскопические бактерии.) Роберт Кох стал изучать все, что попадало под руку, часами не выходил из маленькой комнатки, забывал позавтракать или пообедать. Он рассматривал все подряд, пока на глаза ему не попала капля крови овцы, погибшей от сибирской язвы.

В поле зрения ученого лежали многочисленные длинные нити и палочки. Кох первым делом подумал, что кровь умершего животного распалась и превратилась в нити, ведь Кох учился в Германии во времена Р. Вирхова, и заподозрить в палочках микробов, вызывающих болезни, означало подвергнуть критике взгляды такого выдающегося ученого, как профессор Вирхов! Кох сразу же решил сравнить кровь больных сибирской язвой животных и здоровых. Он отправился на бойню и попросил кровь недавно убитых животных. В этой крови никаких нитей и палочек видно не было. Теперь у Коха были все основания подозревать в палочках бактерий. Но как можно доказать, что они живые?

Роберт Кох очень хотел бы поэкспериментировать с коровами или на худой конец с овцами — вдруг в организме этих животных удастся размножить эти странные палочки! Но корова или овца — животные дорогие, они были не по карману молодому, с трудом обеспечивающему семью, врачу. Тогда Кох решил купить... самых обычных домашних мышей. А вдруг мыши так же, как и крупные животные, сумеют заболеть сибирской язвой? Доктор послал девочку, которая помогала по хозяйству в доме Кохов, чтобы она купила мышей у ближайшего трактирщика (ведь трактирщики постоянно борются с мышами, эти мелкие зверьки часто попадают в мышеловки). По городу поползли слухи, что молодой доктор совсем сошел с ума. Но Р. Коху до этих слухов не было никакого дела. Он соорудил клетки для мышей прямо в кабинете, где принимал больных, и занялся делом. (Естественно, он отгородил мышей от своих посетителей ширмой — вдруг какая-нибудь нервная па-

циентка закричит от страха!) Кох поймал мышку и надрезал ей хвост, опустил обожженную деревянную палочку в кровь погибшей от язвы овцы, затем воткнул палочку в надрезанный хвост и стал ждать. (Как вы думаете, зачем Р. Кох обжигал деревянную палочку? Нельзя ли ее использовать, не обжигая? Почему?) На следующий день мышка погибла (рис. 26,а). Кох вскрыл ее и рассмотрел внутренности в микроскоп. Все тело мышки было «нафаршировано» нитями и палочками, которые он видел накануне в крови овцы. Больше всего этих нитей и палочек было в селезенке — маленьком внутреннем органе, который находится в животе у мыши.

Кох, конечно, тут же усомнился в увиденном: вдруг мышь заболела случайно? Он повторял опыт снова и снова, и только после этого поверил, что мышки всегда гибнут от сибирской язвы при переносе капельки крови с бактериями от больных животных к здоровым. Так, в практику исследователей-бактериологов вошли лабораторные животные — мыши. Трудно было каждый раз доставать погибшую от болезней овцу. Поэтому Кох «сохранял» сибирскую язву, заражая следующую мышку от предыдущей. Но Коху могли возразить, что капелька крови содержит больные клетки мышино организма, и именно эти клетки вызывают заболевание. Нужно было придумать что-то еще.

И Роберт Кох придумал. Он перепробовал много разных вариантов, прежде чем научился выращивать эти нити и палочки не в организме мыши, а на стеклышке, прямо под микроскопом. Кох достал на бойне глаз быка, внутри которого имелся прозрачный «студень» — стекловидное тело. Кох взял капельку этого «студня», положил ее на стеклышко, а рядом — кусочек селезенки мыши, погибшей от сибирской язвы. Все это Кох накрыл сверху другим стеклышком, в котором было большое углубление, смазал края вазелином и перевернул всю эту конструкцию. «Зачем было делать так сложно? — спросите вы. — Нельзя ли просто в капельку из бычьего глаза положить кусочек селезенки?» Кох пробовал и так, но оказалось, что в глазном «студне», если его не прикрыть стеклышком и не перевернуть, заводятся кроме нужных палочек и нитей многие другие микробы. А Коху это не нравилось — ведь другие микробы могут вызывать другие заболевания у мышей — поди потом разберись! Нужно было получить культуру (культурой называют любые микроорганизмы, специально выращенные учеными в лаборатории) только одного вида микробов. В микроскоп Кох наблюдал за делениями палочек, смотрел, как они образуют нити,

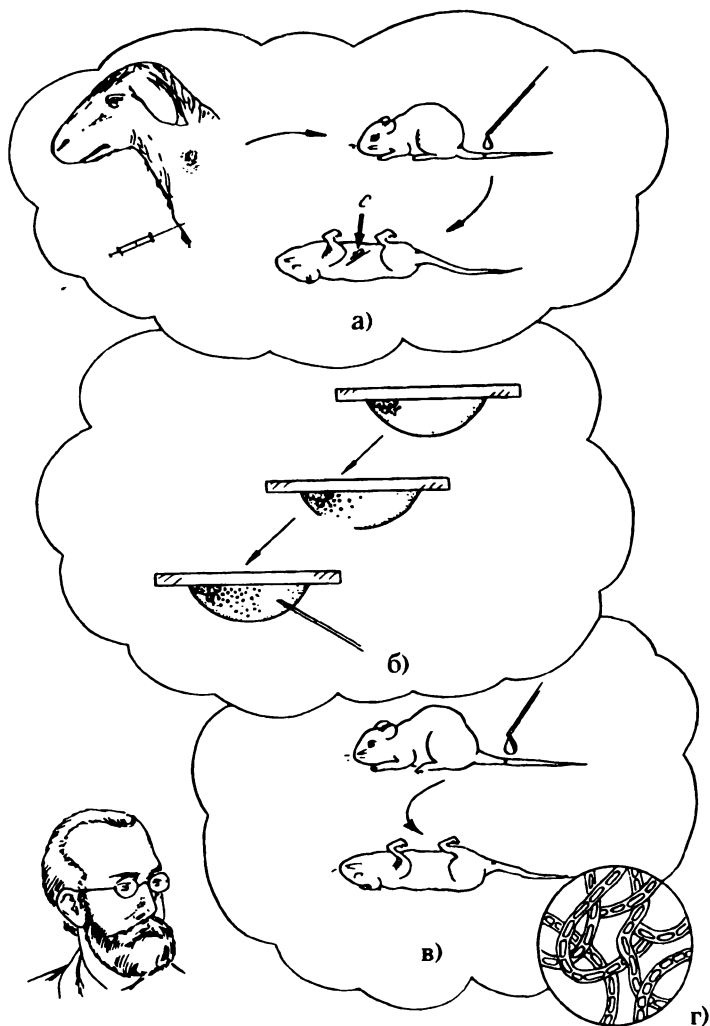


Рис. 26. Роберт Кох доказывает, что сибирская язва вызывается бактериями:

а — капельку крови от погибшей овцы Кох переносит в надрез на хвосте мыши. Мышь погибает. Стрелка с буквой «С» указывает на селезенку погибшей мыши. В этом органе бактерий больше всего; **б** — кусочек селезенки Кох помещает в капельку из бычьего глаза. Бактерии размножаются. Их можно пересаживать из капли в каплю много раз; **в** — бактериями, размножившимися в капле, Кох заражает мышь. Мышь погибает; **г** — бактерии — возбудители сибирской язвы под микроскопом

и в конце концов бактерии заполнили всю каплю (рис. 26,б). Кох взял следующую каплю, перенес в нее бактерии из предыдущей, вырастил их, потом взял глаз еще одного быка, еще каплю и пересевал микробов сибирской язвы восемь раз! «Теперь в этой последней капле нет ни одной клеточки больной мышинной селезенки, а есть только бактерии, — подумал Кох. — Попробуем, убьют ли теперь бактерии мышей». Он взял очередную мышку, надрезал ей хвост и перенес заостренной палочкой каплю с бактериями в надрез. На следующее утро Кох нашел мышку мертвой, а в крови ее по-прежнему обнаружались отдельные палочки и нити возбудителя сибирской язвы (рис. 26,в,г). «Теперь-то мне удалось доказать, что не больные клетки селезенки убивают мышь, а именно бактерии. Все врачи теперь должны будут поверить, что сибирская язва вызывается микроорганизмами!»

Коху пришлось много выступать, писать статьи, демонстрировать тем, кто не верил в его выводы, как мыши погибают от сибирской язвы, показывать свои препараты под микроскопом. «Но я не могу показать моих микробов всем врачам, которые этого пожелают, — сожалел Кох. — Если я стану их рисовать, то мне не поверят — мало ли что можно нарисовать!» И тут ему помогло его увлечение фотографией: Кох соединил микроскоп с фотоаппаратом, затем научился делать снимки, а чтобы бактерии были лучше видны, подкрашивал их анилиновыми красками. Этими методами, придуманными Кохом, ученые пользуются до сих пор.

Но даже фотографии микробов не могли убедить сразу всех в правоте Коха. Рудольф Вирхов, однако, на склоне своих лет признал, что Кох все-таки прав: теория «клеточной патологии» не может объяснить возникновение и распространение заразных заболеваний. Все-таки Вирхов был настоящим ученым (признать свои взгляды ошибочными очень трудно). Однако многие врачи так и не поверили Коху. Но о них мы расскажем несколько позже.

О микробах сибирской язвы удалось еще многое узнать. Тот же Роберт Кох открыл покоящиеся стадии возбудителя сибирской язвы, при этом возникали новые его формы. Они образовывались в трупe погибшего животного при температуре около $+37^{\circ}\text{C}$. Эти формы напоминали жемчужины, нанизанные на нитку. Они прекрасно переносили высыхание. Холод им тоже был не страшен. Способность образовывать покоящиеся формы (споры) сразу объяснила многие загадки сибирской язвы. Стало понятно, почему есть «заколдованные», «мертвые» пастбища. Поев травы с таких пастбищ, скот

непременно погибал от сибирской язвы, даже если сибирская язва очень давно не заглядывала в эти края. Споры могли очень долго оставаться в почве, скот их поедал вместе с травой, и микробы сибирской язвы начинали свое «пиршество». Из спор прорастали палочки, которые убивали животных. Чтобы не заразить новые пастбища, необходимо было сжечь всех погибших животных или на худой конец закопать их глубоко в землю, чтобы споры сибирской язвы не попали на поверхность. Бактерии, не превратившиеся в споры, не так опасны — они не выносят высушивания и нагрева. Зараженные пастбища нужно огородить и не пускать туда коров и овец. Все эти мероприятия предложил Р. Кох, и они увенчались полным успехом. А уж после того как Луи Пастер придумал прививки против сибирской язвы, она стала менее страшна для животноводов.

Кох в течение своей жизни изучил много болезней, открыл их возбудителей и пути распространения. В том числе он открыл возбудителей туберкулеза («палочка Коха») и холеры. Для доказательства того, что данный микроб вызывает ту или иную болезнь, Кох неизменно пользовался такими правилами.

1. Этот микроб должен всегда встречаться при данной болезни, но его не должно быть у здоровых людей или при других болезнях.

2. Вид микроба нужно выделить в «чистую» культуру — посеять в пробирку на питательную среду так, чтобы в нее не попал ни один микроб другого вида.

3. Если взять микроб из чистой культуры и заразить им лабораторных животных (например, мышей или кроликов), то они должны заболеть той же самой болезнью, что человек или животное, от которого брали кровь либо ткани для выращивания культуры.

Эти правила получили название «*триады Коха*» и очень помогли исследователям бактерий. Как часто бывает в науке, эти правила сыграли свою положительную роль, а потом отошли на второй план. Из них нашли много исключений. Например, холерой не удалось заразить ни одно лабораторное животное. Ни мыши, ни козы, ни овцы, ни кролики холерой не болеют. А некоторым другим микробам не нравится то «угощение», которым исследователь их «потчует» в пробирке. Они слишком привередливы и растут только внутри живого организма.

Но, пожалуй, метод чистых культур навсегда останется важнейшим инструментом в руках «охотников за микробами».

Дополнительный материал

1. Как Роберт Кох открыл способ выращивать бактерии каждого вида отдельно

Вырастить какой-нибудь вид бактерий отдельно от других — задача не из легких. Ведь микробы вездесущи, их очень много в пыльном воздухе, на руках экспериментатора, в теле больного. Если посеять бактерии в питательный мясной бульон прямо из тела больного, то в бульоне размножатся самые разные бактерии и будет непонятно, какая из них вызывает болезнь. Хорошо, если вы изучаете инфекции, связанные с кровью: у здорового человека или животного в крови нет микробов. Появились посторонние микробы — скорее всего они будут одного вида — их легко «выловить» и посадить в чистую культуру — бульон. Коху очень повезло с сибирской язвой — ее возбудители обитают в крови, что позволило легко получить чистую культуру. Но как быть, если вы хотите изучить возбудителя дифтерии?

Возбудитель дифтерии — обитатель горла человека — очень неприятный пришелец. Микробы образуют плотные пленки, дышать становится очень трудно. Чаще всего дифтерией болеют дети. Во времена Коха шансов выжить при дифтерии было немного. Чтобы облегчить страдания ребенка, врачи прибегали тогда к крайним мерам. Они или протыкали трубкой пробку, образованную в горле бактериями, или выкачивали гной и пленки из горла, иначе ребенок погибал от удушья. Но и эти меры не спасали. Как было выяснено позже, возбудители дифтерии выделяют в кровь сильный яд, и этот яд убивает больного ребенка.

Конечно, Коху хотелось выделить микроб дифтерии в чистой культуре. Однако в горле и здорового, и больного человека живет очень много разных видов бактерий. Если посадить дифтерийную пленку в бульон, то вырастут не только возбудители этой болезни, но и другие микробы. Может так случиться, что бульон больше понравится какому-нибудь другому микроорганизму и он там размножится быстрее, чем возбудитель дифтерии. Выловить под микроскопом эти мельчайшие создания по методу Спалланцани (в чистую капельку через тонкий мостик), увы, нельзя — их размеры гораздо меньше, чем у «зверушек», с которыми имел дело Спалланцани. Да если бы это и было возможно, где гарантия, что вы видите именно возбудителя дифтерии, а не похожего на него безо-

бидного микроба? Что, их всех размножать, отлавливая по одной штуке под микроскопом, и только потом проверять? Это потребовало бы слишком много сил. Нельзя ли как-нибудь по-другому?

Роберт Кох стал в то время «большим человеком» — ему дали лабораторию в Берлине и несколько человек в помощники. Как-то раз служитель, чьей обязанностью было кормить морских свинок и мышей, забыл на столе вареную картофелину, и она пролежала там несколько дней. В помещение для лабораторных животных вошел Кох, и все сотрудники думали, что дело кончится плохо для бедного служителя. Кох очень не любил беспорядка. Мало ли что может завестись в старой картофелине! А если она попадет к экспериментальной свинке и та заболеет и умрет от чего-то неизвестного? Да и было чего бояться — вся картофелина покрылась какими-то цветными пятнышками.

Но мысли Коха были заняты совершенно другим. «Наверняка это бактерии, — подумал он. — Возможно, на картофелину упали в разных местах микробы. Там, куда попал микроб желтого цвета, выросло много-много таких же микробов. Рядом — фиолетовое пятнышко. Наверное, какой-то лиловый «зверек» вывел здесь свое потомство. Таким образом, каждое пятнышко — это чистая культура!» И вместо того чтобы ругать незадачливого служителя, Кох бросился с картофелиной к микроскопу, чтобы проверить, действительно ли в каждом пятнышке содержится один вид организмов, или он ошибся.

Как вы уже догадались, Кох оказался прав. После этого наблюдения Кох с помощниками провел еще некоторые уточняющие эксперименты. В бульоне Кох смешал две чистые культуры бактерий, и после этого нанес и размазал по картофелине капельку этой смеси. С нетерпением он ждал, что же вырастет. И вот на картошке появились пятнышки — колонии бактерий. Они были двух разных «сортов», да и микроскоп подтвердил, что в колониях одного типа микробы как две капли воды похожи друг на друга, но совершенно не похожи на своих соседей по бульону — те выросли в других местах, дав колонии другой формы. Чудо состоялось — считавшуюся ранее неразделимой смесь двух видов бактерий удалось разделить (рис. 27).

«Дело, видимо, в том, что мы размазываем наших бактерий по твердой поверхности, — рассуждал Роберт Кох. — В жидком бульоне бактерии плавают, легко перемешиваются. На твердой питательной среде они далеко не уплывут, не перемешаются с другими

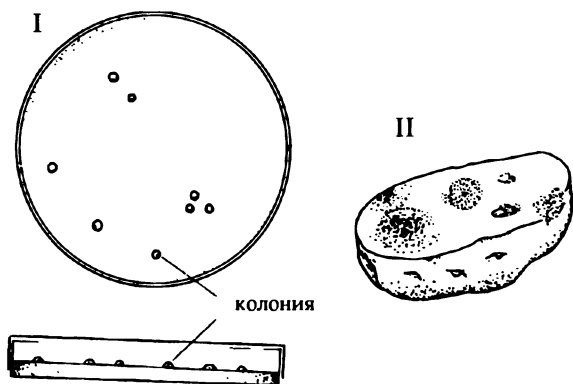


Рис. 27:

I — колонии бактерий на чашке Петри с твердой средой; II — возможно, так выглядела картофелина, которую оставил служитель на столе

микробами. А если испробовать еще что-нибудь твердое?» В дело пошли не только картофелины, но и твердая поверхность обезжиренного «холодца» — бульона с желатином. Потом испробовали агар-агар (это вещество добавляют в сироп, чтобы превратить его в твердый мармелад), добавив все к тому же бульону. Результаты во всех случаях были превосходные — любые смеси бактерий удавалось разделить. Удалось получить и чистую культуру дифтерийного микроба.

А бактерии и до сих пор выращивают в специальных чашечках на средах с агаром — он больше всего полюбился микробиологам.

Задача. Придумайте, какими еще способами можно вырастить бактерии в виде отдельных колоний.

2. «Черная смерть» (о чуме)

В 1346 г. Европа была охвачена эпидемией тяжелой болезни. Эта эпидемия длилась четыре года и унесла 20 млн. жизней. Ее называли «великий мор» или «черная смерть». Это была очередная эпидемия чумы.

Чума была известна людям с далекой древности. Она упоминается еще в ассирио-вавилонской поэме о легендарном герое Гильгамеше. В поэме говорится, что в городе, которым правил

Гильгамеш, появился бог чумы — Эрра, от которого нет спасения. Мертвых некому было хоронить, трупы лежали прямо на улицах города, тела погибших плавали в водах Евфрата. Потрясенный этой картиной Гильгамеш отправился в странствие, чтобы открыть тайну бессмертия. Он нашел напиток бессмертия, но этот напиток у него похитила змея. Выпив его, змея омолодилась, сбросила старую кожу — так легенда описывает линьку змей.

Итак, чума была известна еще 4—5 тыс. лет назад. В те времена люди придумали даже специального бога, которого считали виновником чумы.

Эта страшная болезнь описывается не только в легенде о Гильгамеше, но и во множестве других художественных произведений, например у А. С. Пушкина есть трагедия «Пир во время чумы».

Пока плотность населения была невелика, крупных эпидемий чумы не было: болезнь охватывала несколько поселений и затухала. Однако с возникновением крупных городов, с ростом торговых связей, с перемещениями больших масс людей во время военных походов чума превратилась в страшное бедствие для человечества. Так, в VI в. эпидемия чумы охватила всю Европу. Эта эпидемия длилась около 50 лет и унесла более ста миллионов жизней.

В XII в. участники крестового похода занесли чуму из Египта в Европу и там возникла новая большая эпидемия.

Из тех, кто заболел чумой, 70—80% умирали в течение пяти дней. Болезнь сопровождалась высокой температурой, бредом. Человек покрывался черными пятнами (отсюда и название «черная смерть»). Чума часто сопровождалась воспалением легких и тогда у больного начинался кашель с легочным кровотечением, что приводило к быстрой гибели.

Длительное время чума была серьезной угрозой развитию цивилизации. Чума оказывала существенное влияние на ход истории. Так, она ускорила упадок Византийской империи, когда в Византии более половины жителей погибло от чумы. В VI в. гибель значительной части жителей Италии сделала ее легкой добычей для германских племен и т. д.

Чума охватывала не только Европу, люди гибли от нее и в Африке, и в Индии, и в Китае. Так, эпидемия 1346 г. пришла в Европу именно из Китая по «великому шелковому пути». Сначала чума обнаружилась в Астрахани, потом в Крыму, затем купцы занесли ее в Константинополь, а оттуда на торговых кораблях она попала вместе с шелком и мехами в Египет, Италию и Францию.

Французские торговцы вином завезли ее в Англию и Ирландию. А из Англии торговцы шерстью привезли болезнь в скандинавские страны.

Про эту эпидемию великий итальянский поэт Ф. Петрарка писал брату: «...дома стали безлюдными, города опустели, земля в запустении, поля слишком малы, чтобы вместить смерть и ужас...»

Эпидемию чумы объясняли или гневом богов, которые посылали кару провинившимся людям, или каким-то атмосферным испарением («миазмом»). В зависимости от того, какими причинами объясняли чуму, выбирались и способы защиты от нее: или приносили жертвы богам, или воздух старались очистить от миазмов благоуханиями.

Еще в древности было сделано одно очень важное наблюдение: до того как чумой заболевают люди, начинается гибель грызунов. Например, в Монголии, если в каком-то месте находили много погибших сусликов, этот район отмечался пирамидками, сложенными из камней, и людям запрещалось туда заходить. В Индии, как только люди узнавали, что где-то по соседству находят много мертвых крыс, сразу же покидали свои жилища и старались подалеже убежать от этой местности. Но как именно чума людей была связана с болезнью и гибелью грызунов? Может ли болезнь перейти от грызуна к человеку? Таких мыслей обычно даже не возникало. Скорее, считалось, что грызуны более чувствительны к вредным испарениям и позволяют узнать о приходе болезни (как канарейки в шахтах использовались, чтобы обнаружить там появление опасных газов).

Перейдем теперь к рассказу о том, как была разгадана тайна чумы. В 1891 г. в Китае началась новая эпидемия чумы. Пароходы быстро завезли болезнь в Индию и Австралию. Чума опять угрожала человечеству. На этот раз ученые и врачи разных стран объединились в борьбе с ней. В Азию выехали специалисты из многих научных центров. И вот в 1894 г. японский ученый С. Китазато и французский ученый А. Йерсен независимо друг от друга открыли бактерию — возбудителя чумы.

В науке довольно часты случаи, когда одно и то же открытие делают разные ученые практически одновременно, хотя они могут не знать о работах друг друга и жить в разных странах (Китазато и Йерсен работали в одном месте — в Гонконге). Чем это можно объяснить? Это объясняется тем, что такое открытие подготовлено предшествующим развитием науки. Возьмем пример с чумой. Оба

ученых имели опыт в изучении возбудителей болезней: Китазато был учеником Р. Коха и много сделал в изучении столбняка, а Йерсен работал в Институте Пастера и успешно участвовал в борьбе с дифтерией. В это время стало очевидно, что причиной многих инфекционных болезней являются не таинственные «миазмы», а микроорганизмы, и в первую очередь надо обнаружить их. Возбудителей чумы одновременно начали искать множество врачей и ученых. Накопленный опыт позволил Китазато и Йерсену первыми обнаружить и описать эти бактерии. Но даже если бы они этого не сделали, чумных бактерий нашел бы кто-то другой примерно в то же время. В честь Йерсена этих бактерий называли *Yersenia pestis*.

Итак, возбудитель чумы был открыт. А через несколько лет эта же бактерия была обнаружена у крыс, больных крысиной чумой.

Оставалось выяснить, как чума передается от грызунов к человеку. И тут путь был уже проложен более ранними исследованиями. Было показано, что некоторые болезни от животных к человеку могут передаваться кровососущими насекомыми. Например, малярия передается комарами (далее мы подробно расскажем вам, как было сделано это открытие). В случае чумы такими насекомыми оказались блохи. В 1898 г. чумные бактерии были обнаружены в пищеварительном аппарате блох и выяснилось, что блохи передают бактерии своим жертвам при укусе (рис. 28).

Теперь стали понятными многие факты, которым раньше не находили объяснения. Почему бывало так, что в купеческих караванах, которые везли шелка и шкурки, никто не заболел, а в торговых центрах, например в той же Астрахани, вдруг возникали очаги болезни? Стало понятно, что болезнь таилась в блохах, которые находились в увязанных тюках со шкурками. Когда тюки распаковывали для продажи, голодные блохи кусали людей, передавая возбудителя чумы.

Почему не помогали карантинные меры, которые принимали еще в средние века? Купеческие корабли стояли на рейде, например в Венеции, 40 дней, и никто не имел права сходить на берег. Как же болезнь проникала в город? Объяснилось все просто: болезнь заносили не люди, а крысы, которые перебежали с корабля на сушу по корабельным канатам.

Надо сказать, что в средние века крысы были обычными обитателями домов. Причем это были черные крысы, которые любили сухие и теплые места. Они часто жили на чердаках, нередко

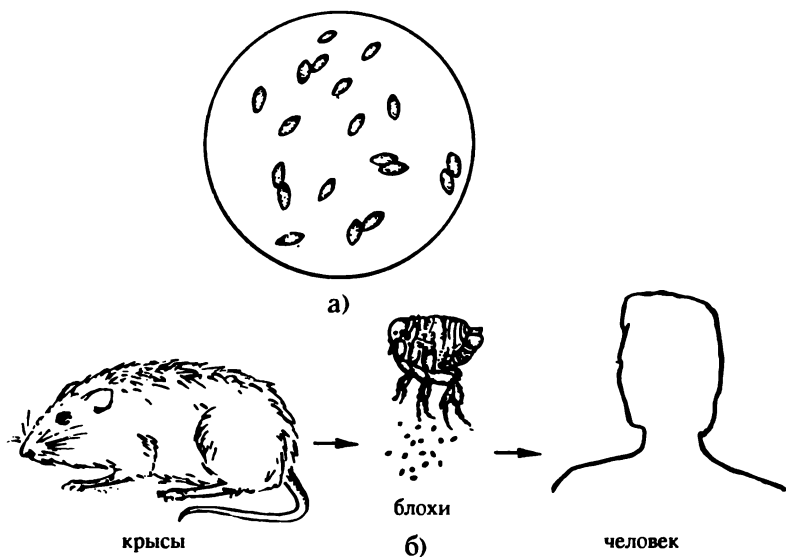


Рис. 28:

а — возбудитель чумы — *Yersenia pestis*. Так эта бактерия выглядит под микроскопом;
б — путь передачи чумы от грызунов к человеку

забегали в комнаты. В начале XVIII в. черных крыс стали вытеснять серые, которые постепенно продвигались из Азии на Запад. Серые крысы жили в темных сырых местах, обычно в канализационной сети, в подвалах. Это резко уменьшало их контакты с человеком. Кроме того, серые крысы были менее восприимчивы к чуме. Возможно, такая крысиная миграция спасла миллионы человеческих жизней.

После того как выяснили причину болезни, были разработаны и меры борьбы с чумой. Русский врач Владимир Хавкин, работавший в Индии, создал противочумную прививку (он же автор прививки против холеры). Позднее были найдены и другие средства. Так выяснилось, что чумные бактерии эффективно уничтожаются антибиотиком — стрептомицином.

Бактерии чумы до сих пор сохраняются в дикой природе. Некоторые грызуны (сурки, полевки, белки и др.) могут являться бациллоносителями. Это значит, что бактерии имеются в их организмах, но сами грызуны не болевают. При определенных об-

стоятельствах бактерии могут передаваться посредством блох другим животным и людям. До сих пор время от времени обнаруживаются отдельные случаи заболевания чумой. Но теперь врачи знают, какие меры надо принимать, чтобы не допустить возникновения эпидемий. Чума перестала быть угрозой для человечества.

* * *

В разделе про экологию мы говорили о сложных связях, которые существуют между растениями и животными и разными видами животных. В истории с чумой участвовали четыре разные группы организмов: люди, некоторые виды грызунов, несколько видов блох и бактерии чумы. В распространении чумы важную роль играли всевозможные типы контактов между этими организмами. Так, люди охотились на таких грызунов, как сурки и суслики, крысы освоили жилище человека и стали его постоянными спутниками и соседями. Некоторые виды блох нападают на разные виды теплокровных животных, в частности на крыс и на людей (большинство видов блох не способны передавать возбудителей чумы). Наконец, чумная бактерия может жить и развиваться в организме множества видов теплокровных; в одних животных она живет, не причиняя вреда хозяину, другие же организмы быстро приводит к гибели.

Изучение связей между разными организмами, порой достаточно сложных и запутанных, на первый взгляд представляется довольно непрактичным занятием. Но подобно тому как изучение возможности самозарождения привело к изобретению консервов, исследование отношений между организмами позволило победить множество самых опасных заболеваний людей, животных и растений.

* * *

Бактерии умеют не только вызывать различные заболевания. Они портят очень многие продукты и вещи. «Прокисло», «прогоркло», «сгнило» — услышав такие слова, мы непременно вспоминаем о бактериях как о возможных виновниках всех этих процессов. Попорченные продукты и материалы приходится выкидывать, а чтобы порчи не происходило, их или прячут в холодильник, или консервируют. Но, наверное, вы замечали, что даже в холодильнике продукты портятся, если они положены не в морозильную камеру. «Наверное, в нижних отделах холодильника недостаточно холодно, и бактерии не погибают. А в морозильнике большой мороз и они замерзают насмерть, — подумаете вы. — Если бы меня положили

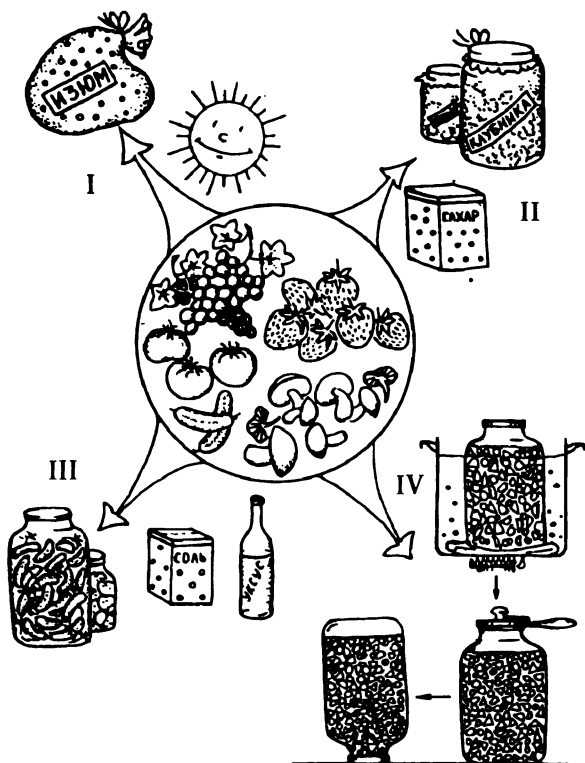


Рис. 29. Методы сохранения продуктов от бактериальной порчи:
 I — высушивание; II — высокая концентрация сахара; III — консервирующие вещества;
 IV — нагревание и герметичная закупорка

в морозильник, дело кончилось бы плохо». Между тем даже в морозильной камере бактерии остаются живыми. Просто при пониженной температуре все жизненные процессы замедляются, поэтому бактерии в холодильнике «работают» медленнее, и продукты медленнее портятся. Когда вода превращается в лед (в морозильнике), жизнедеятельность микробов вообще прекращается. Но стоит продукт вынуть из морозильной камеры и разморозить, как бактерии сразу оживут и продолжат начатое ими дело переработки продуктов. Остановить процесс можно вновь превратив воду в лед.

«Ага! — скажете вы. — А если воду совсем убрать, то продукт тоже не испортится. Я сам видел, что изюм не портится, а виноград

портится. Разница ведь только в том, что виноград содержит воду, а в изюме ее нет».

Можно будет только похвалить вас за наблюдательность и сообразительность: сушка спасет продукты от бактерий, ведь бактерии, как и любые другие живые организмы, не могут жить без воды. Вы без труда вспомните названия продуктов, которые сохраняют при помощи сушки: сухари, крупы, сухофрукты, сушеная рыба и многое другое (рис. 29, I).

Чтобы сохранить продукты, можно поступить и по-другому, например воду, содержащуюся в продукте, заменить сахаром (рис. 29, II). Тогда получится варенье или джем. В них воды довольно мало (должно быть меньше 40% воды и более 60% сахара; если воды больше 40%, бактерии смогут прекрасно жить в таком варенье). Вместе с тем не всякая бактерия выдерживает такое большое количество сахара. «Позвольте! — возразите вы. — Но ведь варенье потому и называется вареньем, что его варят, т. е. приготавливают при помощи кипячения. А при кипячении бактерии погибают, мы об этом читали в главе о самозарождении жизни: французский ученый Луи Пастер кипятил мясной бульон специально для того, чтобы убить в нем бактерии. В варенье бактерии убиты кипячением, потому оно и не портится. Сахар тут ни при чем». Совершенно верно, часть бактерий убита с помощью кипячения. Но попробуйте оставить на несколько дней в одном блюде не очень сладкий компот, а в другом — варенье в открытом виде. Правильно сваренное варенье не потеряет своих достоинств, а компот непременно забродит или прокиснет. Значит, и мы отчасти правы.

Оказывается, многим бактериям «не по вкусу» такие вещества, как соль, уксус и другие кислоты (рис. 29, III), различные эфирные масла, придающие аромат пряным растениям. Заметим, что мята, укроп, петрушка пахнут из-за того, что в них содержатся летучие соединения (эфирные масла). Эти соединения легко испаряются, распространяя в воздухе аромат. Квашеная капуста, соленые грибы, маринованные огурчики сохраняются благодаря этим консервирующим веществам.

И наконец, можно нагреть продукт и долго держать его в кипящей воде или поднять температуру выше 100°C (вспомните, как это можно сделать), а потом герметично закрыть (рис. 29, IV). Получатся консервы — рыбные, мясные, овощные, фруктовые. Вскрывая очередную банку консервов, вспомните с благодарностью имя находчивого французского кулинера Франсуа Аппера, который

прочитал труды Л. Спалланцани о самозарождении жизни. Изобретение Ф. Аппера очень помогло армии Наполеона, да и нас оно часто выручает.

- Задачи. 1. Ваша мама наверняка делает заготовки впрок на зиму. Как ей удастся не допустить развития бактерий в различных продуктах? Какие из способов, перечисленных в учебнике, она использует? Возможно, что мы перечислили не все. Нашелся ли среди рецептов вашей мамы какой-нибудь новый?
2. В египетских пирамидах находят мумии — тела фараонов, хранящиеся по несколько тысячелетий. Как вы думаете, какими способами древние египтяне сохраняли мертвые тела от бактерий? (О том, кто такие фараоны и зачем их тела помещали в пирамиды, узнайте у учителя истории.)

3. Как сохранить клубничный сок

Как-то учитель задал школьнику Мише такую задачу. Нужно сохранить клубничный сок, так, чтобы в нем оставалось больше полезных организму веществ. Но нагревать сок ни в коем случае нельзя — при нагревании разрушается витамин С, а вещества, придающие клубнике ее аромат, улетучиваются. Мало ли что еще может случиться при нагревании! И Миша призадумался.

«Конечно, можно сок посолить или добавить много сахара», — подумал он, но живо представил себе, какова будет на вкус соленая клубника. «Тогда это будет не сок, а рассол или сироп какой-то. Можно высушить сок, и бактерии не смогут в нем завестись. А перед употреблением разводить». Но и вторая идея Мише не понравилась.

Потом Миша вспомнил об опытах Спалланцани: «Можно положить капельку сока под микроскоп, а рядом — другую каплю с чем-нибудь очень вкусным для бактерий. Соединим капли тоненьким мостиком из воды. Все бактерии переплывут на более вкусную каплю, а в соке их не останется». Миша очень любил именно клубничный сок и серьезно задумался, может ли быть что-нибудь еще вкуснее.

«Эврика!» — воскликнул Миша (непременно узнайте у учителя физики, что значит это слово). — «Нужно взять маленький-према-

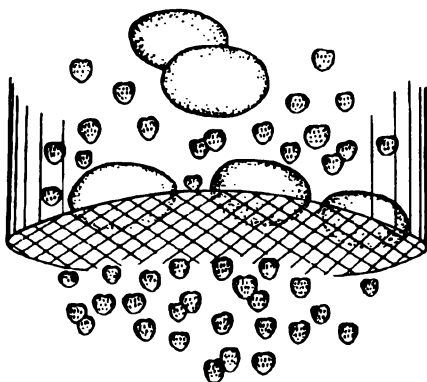


Рис. 30. Стерилизация клубничного сока с помощью сита:

Сверху на сито попадают молекулы, составляющие клубничный сок, и бактерии. Бактерии остаются на сите, а молекулы проходят сквозь него. Конечно, молекулы в клубничном соке несколько не похожи на клубнички. Миша их так нарисовал, чтобы было понятнее

ленький крючок и выловить бактерий по одной. Тогда сок не испортится, так как бактерий в нем не останется, и нагревать его не придется». Но тут Миша вспомнил, что таким способом можно очистить всего одну капельку. А если нужен целый литр сока? Так и сидеть у микроскопа целый день?

И тогда Миша придумал вот что. Сок состоит из разных сортов молекул. Если каплю клубничного сока поместить под микроскоп, то молекул мы не увидим. Но если этот сок заражен бактериями, то их обязательно будет видно. Ведь бактерии крупнее, чем молекулы. Вот если бы существовало такое мелкое-мелкое сито, через которое бактерии не проходили бы, а молекулы, составляющие клубничный сок, проходили (рис. 30). Тогда можно было бы много сока очистить от бактерий. А чтобы бактерий было поменьше, нужно брать свежие, неповрежденные ягоды, ведь в подгнивших плодах уже успели завестись и размножиться бактерии. (Можно ли назвать ягодами или плодами клубнику, мы расскажем вам позже.)

Учитель похвалил оба Мишиных решения — и насчет крючочка, и насчет сита, однако заметил, что отловить даже одну бактерию крючочком практически невозможно, особенно если она умеет быстро плавать. Сита же довольно часто используются в тех случаях, когда какой-нибудь раствор нельзя нагревать, но нужно простери-

лизовать. Эти сита делают из фарфора или из некоторых видов пластмасс. (Что такое пластмасса, узнайте у учителя химии.)

Напоследок учитель капнул на предметное стекло каплю клубничного сока, накрыл его покровным стеклом и положил препарат под микроскоп. Миша заглянул туда и увидел, что в соке попадаетесь довольно много мелких частичек мякоти. Бактерий он там не усмотрел — наверное, увеличение было недостаточным. «Пожалуй, мое мелкое-мелкое сито может засориться этими крупными частичками, — подумал Миша. — А вдруг мякоть в соке тоже полезная и ее нельзя нагревать. Как тогда избавиться от бактерий?» Выхода из такого трудного положения Миша так и не придумал.

* * *

После того как вы прочитали самое начало раздела о жизни бактерий, у вас могло сложиться мнение о чрезвычайной вредности этих маленьких организмов: их нужно тщательно смывать с рук, с овощей, от них необходимо избавляться путем нагревания или затруднять их развитие консервирующими веществами, сушкой и замораживанием. Нужно остерегаться бактерий — возбудителей многих заболеваний. Словом, бактерии — это враги человечества. Но оставьте свое первое впечатление и дочитайте раздел до конца. Быть может, ваше впечатление изменится.

* * *

Итак, кое-что о бактериях мы уже знаем. Во-первых, они очень маленькие, их можно разглядеть только в микроскоп. Но есть и другие организмы, видимые только в микроскоп, например простейшие или микроскопические грибы (дрожжи). Во-вторых, как вы помните, и у простейших, и у грибов в клетках имеется ядро, они относятся к эукариотам. Бактерии, в отличие от тех и других, не имеют ядра в клетках и поэтому их относят к прокариотам. (Проверьте, не забыли ли вы, как переводятся эти слова с греческого.)

В-третьих, мы узнали способы избавления от бактерий: можно прогреть или процидить их через фарфоровое сито, а также значительно замедлить их развитие путем замораживания или сушки.

Еще мы узнали, что многие бактерии легко переносят замораживание. Для развития любых организмов, в том числе и бактерий, нужна жидкая вода.

Чтобы изучать бактерии, нужно уметь выращивать их в чистой культуре на специальных чашках.

Вот пока и все.

§ 2. Какую роль играют маленькие размеры бактерий

Мы спрашивали у школьников: какую роль играют маленькие размеры бактерий? Вот некоторые из ответов:

«Бактерии такие маленькие, что их не видно. Из-за этого на них никто не может охотиться, ведь они не видимы для врагов».

«Маленьким бактериям надо очень мало еды: достаточно всего одной капельки. Такой капелькой большое животное не прокормится, а бактерии этой еды хватает надолго».

Придумайте свои варианты ответов на этот вопрос.

Вместе с тем с маленькими размерами бактерий связана еще одна их особенность, которую мы сейчас обсудим.

СООТНОШЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ И ОБЪЕМА У ТЕЛ РАЗНЫХ РАЗМЕРОВ

Всякая клетка имеет поверхностную мембрану. Любые, нужные ей вещества клетка может получить только через эту поверхность, а внутренняя часть клетки занимает некоторый объем. Разные полезные вещества должны попадать в любые точки этого объема.

У маленькой клетки поверхность и объем маленькие, а у большой клетки и поверхность, и объем большие. Но давайте разберемся, в одинаковое ли число раз меняются поверхность и объем при изменении размеров клетки.



Для начала рассмотрим кубик с длиной ребра в 1 см. Грань кубика имеет площадь 1 см^2 . А всего таких граней у кубика шесть. Значит, вся площадь поверхности имеет площадь 6 см^2 . Объем кубика равен 1 см^3 . Пусть через каждый квадратный сантиметр за час в кубик попадает 1 г вещества из наружной среды. Тогда за час в кубик всего будет попадать 6 г вещества.

Возьмем теперь кубик, ребро которого равно 2 см. Тогда площадь одной грани равна 4 см^2 . А вся площадь будет равна 24 см^2 . Объем такого кубика равен 8 см^3 . В такой

большой кубик будет попадать не 6, а 24 г вещества. Но теперь это вещество будет распределяться не на 1 см^3 , а на 8 см^3 . Получим 3 г на 1 см^3 в час. Выходит, что маленький кубик «питается» вдвое лучше большого.

Будем дальше отношение поверхности тела к его объему называть относительной поверхностью. У маленького кубика относительная поверхность равна 6 см^2 : $1 \text{ см}^3 = 6$ единицам на 1 см. А у большого кубика относительная поверхность вдвое меньше.

Теперь обозначим площадь поверхности кубика буквой S , а его объем буквой V . Относительная поверхность — это $S:V$; обозначим ее буквой K . Тогда для кубика с ребром 2 см можно написать такое выражение:

$$K = \frac{S}{V} = \frac{6 \times 2 \times 2}{2 \times 2 \times 2} = 3.$$

Задача. Найдите K для кубика с ребром n сантиметров.
Решение:

$$K = \frac{6 \times n \times n}{n \times n \times n} = \frac{6}{n}.$$

Такое выражение, где величины обозначены буквами и между ними существует определенная связь, называют *формулой*.

Мы получили формулу для относительной поверхности тел, имеющих форму куба. Выяснилось, что чем больше длина ребра куба, тем меньше относительная поверхность.

Надо сказать, что не только у кубиков, но и у тел любой другой формы поверхность и объем по-разному зависят от их размеров. Возьмем большой камень и расколем его на несколько кусков. Ясно, что масса осколков будет равна массе всего камня. А суммарная поверхность его кусков станет больше, чем поверхность целого камня. Действительно, сохранится исходная поверхность большого камня да еще добавится поверхность в местах раскола. В результате отношение поверхности к объему увеличится. Если мы разобьем осколки на еще меньшие кусочки, относительная

поверхность еще больше увеличится. Получается, что чем меньше размеры осколков, тем больше отношение поверхности к объему.

Для любых тел при увеличении размеров в n раз поверхность увеличивается в $n \times n$ раз, а объем — в $n \times n \times n$ раз. Относительная поверхность у большого тела будет в n раз меньше, чем у маленького. Конечно, это верно только для тел одинаковой формы (как говорят, для подобных тел; нельзя сравнивать, например, маленький кубик с большим шаром).

Задача. У кого больше относительная поверхность тела — у кошки или у тигра? Во сколько раз?

А теперь вернемся к бактериям. Бактерии очень маленькие, поэтому их относительная поверхность очень велика. Каждая точка внутреннего объема бактериальной клетки получает в единицу времени много питательных веществ, а значит, много строительного материала и энергии. Именно поэтому бактериальные клетки могут очень быстро расти и размножаться.

Надо еще заметить, что у бактериальных клеток внутри нет таких специальных устройств, как у человека, которые разносят по всему телу питательные вещества, нет сердца и течения крови. Нужные вещества, которые проникли через поверхность клетки, распространяются внутри нее путем диффузии. Чем больше расстояние от поверхности клетки до некоторой внутренней точки, тем дольше туда будут диффундировать молекулы пищи и кислорода. При очень маленьких размерах бактериальной клетки диффузия довольно быстро доставляет вещества в любую точку клетки; именно поэтому бактерии могут обходиться без сердца или другого устройства для транспортировки веществ.

? Многие бактерии имеют форму не шариков, а палочек или тонких и длинных спиралей. Как связаны такие формы тел бактерий с тем фактом, что вещества в их клетках распространяются с помощью диффузии?

Еще одно важное преимущество маленьких бактерий перед более крупными живыми существами заключается в том, что бактерии перемещаются потоками воздуха в новые места обитания. Многие (но не все) бактерии хорошо переносят высыхание. А сухие бактерии, как и мельчайшие пылинки, могут подниматься ветром на большую высоту и переноситься на много километров. Если бактерия

падает на землю в подходящем сыром месте, она вбирает в себя воду и начинает питаться и размножаться.

Такая способность разных тел переноситься с потоками воздуха на большие расстояния тоже зависит от относительной поверхности. Ветер ведь действует на поверхность тела, а сила притяжения тем больше, чем больше объем тела.

? Почему хорошо летают тонкая нитка или перышко? Почему тонкий листок фольги падает на пол медленно, а если его скатать в шарик, то он упадет гораздо быстрее?

ф Надо также сказать, что относительная поверхность важна не только для скорости поступления веществ в клеточный объем, но и для других процессов, и не только для клеток, но и для целых организмов. Например, у теплокровных животных тепло вырабатывается и хранится всеми клетками тела, а потеря тепла (остывание) идет у них, как и у всех предметов, через их поверхность.

? Какой чайник быстрее остынет — большой или маленький? Объясните, почему.

Кому грозит большая опасность обморозиться или даже замерзнуть: маленькому ребенку или взрослому человеку?

Что быстрее растворится в стакане горячего чая: кусок сахара весом 5 г или 5 г сахарного песка? Почему?

ГЛАВА I

МНОГООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ

§ 1. Бактерии-воры

Наше знакомство с многообразием бактерий начнем с... молока. Молоко дают различные животные, которые относятся к классу млекопитающих. Как вы помните, млекопитающие бывают разные. Есть совсем обычные, такие, как корова, а бывают и вовсе уди-

вительные, например утконос. (Вы не забыли, чем он примечателен?) Вы, конечно, обратили внимание на «адрес» человека — как говорят ученые, вид *Homo sapiens* относится к классу Млекопитающие. (Приведите примеры других млекопитающих.) Но вернемся к молоку.

Молоко — это очень хитрая смесь, предназначенная для вскармливания детенышей разных зверей. Мало того, что оно легко усваивается, оно еще содержит все необходимое для роста младенца в первое после рождения время. Но самое замечательное вещество, которое содержится в молоке, — это молочный сахар. Запомните его название — лактоза. (Это слово происходит от латинского слова *lactis* — молоко. От этого же корня слово Галактика. Как связано название громадного звездного скопления с молоком — узнайте у учителя астрономии.) Молочный сахар — лактозу — может усваивать только грудной детеныш. С возрастом эта способность у большинства млекопитающих пропадает. Лишь племена, использующие в пищу свежее молоко (например, европейцы), не теряют способности усваивать молочный сахар и во взрослом состоянии. Однако взрослые люди из мест с другими традициями питания (например, такие охотники или рыболовы, как эскимосы) не умеют усваивать лактозу. Молочный сахар вызывает у них сильные расстройства кишечника. Как вы думаете, когда организм эскимоса становится взрослым настолько, чтобы молоко стало для него неприемлемым? Оказывается, уже к 5 годам! В Канаде европейцы построили много приютов для детей эскимосов и стали кормить их так же, как кормили бы европейских детей, т. е. молочными кашами, супами и просто молоком. Тут-то врачи и обратили внимание, что здоровье эскимосских ребят сильно отличается от здоровья их европейских сверстников. Виновата, как вы догадались, все та же лактоза — именно ее не смогли усваивать маленькие эскимосы, молочная диета оказалась для них неполноценной. Способность усваивать молочный сахар после периода вскармливания молоком передается по наследству от родителей их детям.

У вас, наверное, возник вопрос: почему многие взрослые животные, в отличие от новорожденных, не могут питаться молоком? Материнский организм вырабатывает молоко только для детенышей, а непрошенные потребители усвоить его не могут: если ты уже вырос, то молока тебе не положено, нельзя отбирать его у маленьких. А «защищает» молоко именно лактоза.

Если выделить из молока молочный сахар и попытаться кормить им насекомых, червей, грибы или одноклеточных «зверушек», то тоже ничего не получится. Даже большинство бактерий «обходит стороной» лактозу. Вот какое это удивительное вещество!

И вот мама принесла домой молоко. Оно постояло в стакане на столе, вы попробовали и скривили рот: молоко начало прокисать, стало неприятным на вкус. Вы сразу же вспомнили о бактериях — наверное, виноваты именно они. Когда прокисание молока изучили химики, выяснилось, что из кислого молока исчез молочный сахар — лактоза, он превратился в другое вещество — молочную кислоту (рис. 31). Именно из-за этой кислоты молоко стало кислым. Кто же посмел нарушить «табу» молочного сахара? (Слово «табу» означает запрет.) Кто, кроме грудного ребенка, посмел разрушить лактозу?

«Ворами» оказались молочнокислые бактерии. Как и все другие организмы, бактерии объединяют в семейства. Всех тех, которые способны образовывать молочную кислоту (за очень небольшими исключениями), объединяют в семейство *Lactobacillaceae* — Молочнокислые. Очень мало видов бактерий, не принадлежащих к этому семейству, способны усваивать лактозу. Молочнокислые бактерии — большие «гурманы». Они любят различные сахара, не могут жить без многих витаминов и некоторых других соединений. Молоко — наиболее «вкусная» и подходящая питательная среда для молочнокислых.

Откуда же молочнокислые бактерии попадают в молоко? Оказывается, они живут в тех местах, где молоко образуется, — на поверхности молочных желез, где задерживаются капельки молока. «Но ведь свежее молоко вовсе не кислое!» — скажете вы. Не забывайте, что большая часть молока находится внутри материнского организма, т. е. там, где нет бактерий. Прокисает только маленькая капелька, которая остается снаружи, она «разбавится» в стерильном молоке, и кислый вкус будет незаметен. Но стоит немного подождать, бактерии успеют размножиться и непременно дадут о себе знать.

Вам может показаться, что молочнокислые бактерии — назойливые паразиты, занимающиеся воровством чужого сахара. Однако вспомните, как можно предохранять различные продукты от других бактерий. Любая кислота задерживает рост многих микробов, и молочная — не исключение. В молоке есть не только молочный сахар, но много всякой вкусной для бактерий всячины. Если бы

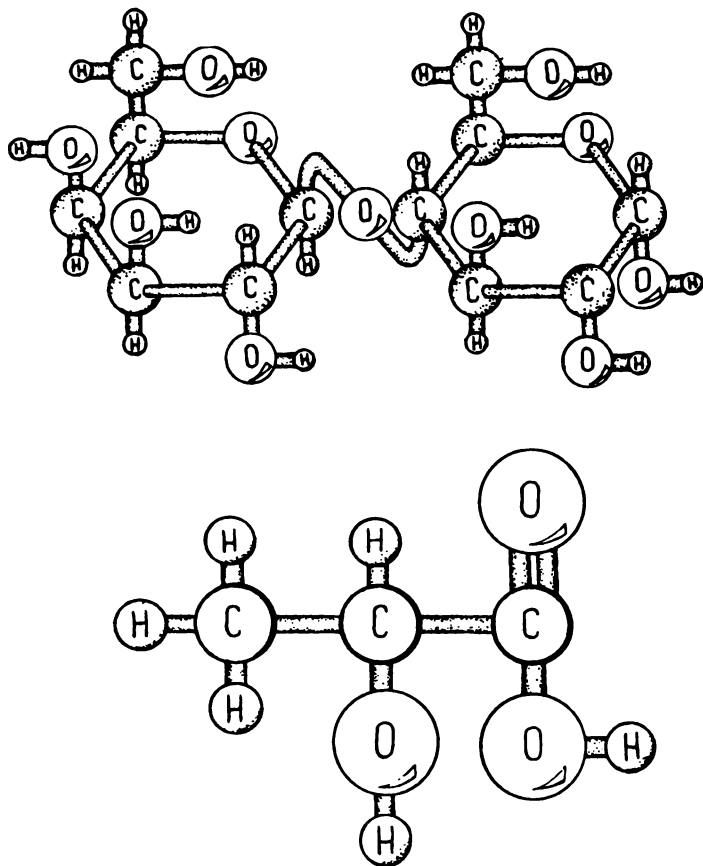


Рис. 31

Помните, Миша придумал рисовать атомы, которые держат друг друга за руки? На этом рисунке изображены атомы, составляющие молекулу лактозы (вверху) и молекулу молочной кислоты. Видно, что молекула лактозы сложная, большая, а молекула молочной кислоты поменьше. Молочнокислые бактерии превращают лактозу в молочную кислоту. Как вы думаете, сколько молекул молочной кислоты можно получить из одной молекулы лактозы? Каких еще атомов нужно добавить? С — углерод, H — водород, O — кислород

молочнокислые бактерии не выделили молочную кислоту, то в капельке молока наверняка поселились бы какие-нибудь другие микробы, может быть, даже опасные для организма матери или ребенка. А молочная кислота не дает завестись никаким другим бактериям, кроме молочнокислых. Значит, бактерии из этого семейства предохраняют млекопитающих от болезней! И молочнокислым бактериям хорошо — ведь кроме них никто не поселится в молоке, не будет отбирать у них питательные вещества. И млекопитающим хорошо — они не заболеют в период вскармливания. Но если «посторонних» бактерий окажется слишком много, например в проток молочной железы попадет комочек почвы или какая-нибудь другая грязь, то молочнокислые бактерии могут не справиться с «пришельцами», и молоко окажется зараженным другими бактериями.

И опять нас защищает молочный сахар — лактоза. Ведь именно лактозу молочнокислые бактерии превращают в кислоту! А молочнокислые вместо врагов оказались союзниками млекопитающих против других микробов.

Все ли молочнокислые бактерии одинаковы? Вовсе нет. В разных районах земного шара в протоках молочных желез разных видов млекопитающих обитают разные молочнокислые бактерии. Возьмем коровье молоко в средней полосе России и оставим его на некоторое время в теплом месте. Молоко еще не кислое, но под микроскопом уже можно увидеть первых вестников закисания — стрептококков. Стрептококки — это название любых бактерий, имеющих форму шариков, которые сцеплены в цепочки. В молоке первым появляется *Streptococcus lactis* — молочный стрептококк. Есть и другие стрептококки, некоторые из них вызывают простудные заболевания (но не грипп!). Чтобы их убить, применяют лекарство стрептоцид («цид» — от латинского «caedo» — «убивать»; стрептоцид — вещество, убивающее стрептококков). Если о стрептококках мало кто из вас слышал, то о стрептоциде знают все.

Что же происходит с молоком дальше? Вслед за молочными стрептококками там обнаруживаются молочные палочки (*Lactobacillus lactis*). Их клетки крупнее, чем клетки стрептококков, поэтому они размножаются несколько медленнее. Когда в молоке накопится достаточно большое количество молочнокислых бактерий и кислый вкус станет хорошо заметным, получится простокваша.

? Почему более крупная молочная палочка размножается медленнее, чем более мелкий стрептококк?

Но молоко можно предварительно обработать, прежде чем оно начнет скисать. Если взять наиболее жирную часть молока — сливки, то те же самые виды молочнокислых бактерий превратят их в сметану. Если молоко долго греть так, чтобы оно стало светло-коричневым (топленным), молочнокислые бактерии непременно погибнут. Внесем в топленое молоко немного сметаны (закваски) и через некоторое время получим ряженку. Вы можете спросить, а как же получают кефир? Молоко превращается в кефир в результате работы молочнокислых бактерий и дрожжей. Дрожжи относятся к эукариотам (грибам), и их мы не рассматриваем.

При скисании молока коров, которых разводят на Балканском полуострове, получается иогурт. В нем вы найдете болгарскую палочку (*Lactobacillus bulgaricus*), которая и совершила превращение молока в молочнокислый продукт. Болгарская палочка знаменита на весь мир, а прославил ее наш соотечественник. Звали его Илья Ильич Мечников.

В конце прошлого века Мечников увлекся проблемой старения. Он даже придумал название для новой науки (оно живо и до сих пор) — геронтология. Как-то Мечников услышал, что в некоторых деревнях Болгарии люди доживают до ста лет и более. Он послал туда своих сотрудников, чтобы они изучили характер питания местных жителей. У Ильи Ильича была такая гипотеза: организм стареет потому, что в него попадает слишком много вредных микроорганизмов. Но, видимо, есть и полезные, которые способны продлить человеческую жизнь. Мечников считал нужным в первую очередь изучить бактерий, которые живут в иогурте — ведь именно иогурт был основным продуктом питания болгарских долгожителей. Из него выделили болгарскую палочку (*Lactobacillus bulgaricus*) и привезли ее в Париж (в то время Мечников жил в Париже и работал в институте того самого знаменитого Пастера, который придумал, как можно доказать невозможность самозарождения микробов в колбе при свободном доступе воздуха). Получив палочку из иогурта, Мечников очень обрадовался: «Теперь я смогу на себе проверить чудотворное, продлевающее жизнь действие болгарской палочки!» С того самого дня Илья Ильич пил исключительно иогурт, а остальные микробы старался внутрь не допускать. Даже хлеб ему приносили простерилизованный, специально завернутый

в бумажку — другого хлеба Мечников не стал бы употреблять. Этот необычный эксперимент продолжался свыше двадцати лет и закончился со смертью Мечникова в 1916 г., когда ему было семьдесят с лишним лет. В течение всего эксперимента Мечников пропагандировал йогурт и болгарскую палочку, а также здоровый образ жизни: Илья Ильич не употреблял спиртных напитков и не курил — ведь наш организм могут отравлять не только «дикие» микробы, но и всяческие дурные наклонности. Многие из друзей Мечникова в Париже включили в свою диету простоквашу из Болгарии и уверяли его, что чувствуют себя от этого значительно лучше.

Правильной ли была теория старения И. И. Мечникова, даже и сегодня сказать трудно, однако йогурт до сих пор рекомендуют для укрепления здоровья. И в конце концов, йогурт — просто вкусный молочнокислый продукт.

Молочнокислые бактерии превращают молоко кобылиц в кумыс, а овечье молоко — в мацони и т. д. Перечислить все продукты, которые получают люди из молока с помощью бактерий из семейства *Lactobacillaceae*, трудно — их очень много.

А если простокваша вам не нравится, попросите маму сделать из нее творог.

Молочнокислые бактерии «воруют» не только лактозу, но и многие другие сахара. Результат все тот же — в продуктах появляется молочная кислота. Много сахаров в растениях, например в капусте. Если ее мелко нарезать, помять, немного подсолить и положить под пресс (все эти операции нужны для того, чтобы разрушить твердые клеточные оболочки растения), тогда получится сок, в котором много сахаров. Именно в нем размножатся молочнокислые бактерии. Через несколько дней в теплом помещении капуста станет кислой — ее нужно выставить в прохладное место, чтобы бактерии не сделали ее слишком кислой.

На поверхности многих плодов можно встретить «растительную» палочку — *Lactobacillus plantarum*. Именно она придает кислый вкус квашеной капусте и не дает развиваться другим бактериям.

? Как вы думаете, что получится, если в капусту добавить очень много соли?

Так же, как и квашеную капусту, готовят силос — квашеную кукурузу для нужд животноводства. Так что и здесь молочнокислые

проявляют большую оперативность: первыми захватывают пищевые ресурсы (сахара) и с помощью кислоты «не подпускают» к пище прочих микробов.

Задача. Как уберечь молоко от молочнокислых бактерий? Нагревать его очень сильно нельзя — появляется неприятный привкус кипяченого молока. При температуре 50 — 90°C можно убить только те бактерии, которые находятся в активном состоянии. Однако часть бактерий как бы «отдыхает» — пребывает в покоем состоянии, их такая температура не убивает. Пропускать молоко через фарфоровое сито очень дорого. Придумайте способ убить все бактерии в молоке, не изменяя при этом его вкусовых качеств.

§ 2. В недрах желудка

«Вот так штука! Съедая стакан сметаны, мы поглощаем миллиарды бактерий! Зачем же тогда мыть руки, ведь на руках бактерий гораздо меньше?» — возможно, задумаетесь вы. Казалось бы, от такого гигантского количества бактерий, как в сметане, нельзя не заболеть. Но вспомните — мы их получили с молоком матери, это наши, «родные» бактерии. Кроме того, эти микроорганизмы помогают нам лучше усваивать пищу: они разлагают достаточно сложные молекулы на более мелкие «осколки», а с этими «кусочками» больших молекул нашему организму легче справиться. Помните о молочном сахаре? В молоке его много, а в кисломолочных продуктах совсем нет. Если свежее молоко может вызвать расстройство кишечника, то простокваша и сметана не могут — ведь весь молочный сахар превратился в молочную кислоту и больше не опасен. Многие вещества, содержащиеся в молоке, частично перевариваются молочнокислыми бактериями и лучше усваиваются. Поэтому молочнокислые продукты часто рекомендуют больным людям. Наш организм потратит меньше сил на их переваривание.

Но вернемся к нашим опасениям. Оказывается, не всякая бактерия может попасть в кишечник и размножиться там. Организм человека, как и многих других животных, старается «разрушить», «разобрать» пищевые частицы на кусочки. (Как он это делает — вы узнаете потом.) И бактерия ничем не отличается от обычной пищевой частички, которую нужно переварить. Противостоять раз-

рушительным силам нашего организма может не всякая бактерия. Во-первых, температура тела не для всех видов бактерий благоприятна, многие погибают даже при температуре $+36,6^{\circ}\text{C}$. Во-вторых, в желудке для расщепления пищи выделяется кислота, а, как вы помните, кислоты многим бактериям «не по вкусу». К тому же в кишечнике очень мало воздуха, значит, те бактерии, которые не могут обойтись без кислорода, не могут выжить и в нашем организме.

«Как много разных неблагоприятных факторов нужно преодолеть бактериям, чтобы поселиться в кишечнике или желудке! — подумаете вы. — Наверное, лишь болезнетворные бактерии могут развиваться там. Какие-нибудь холерные или тифозные бактерии могут размножиться в кишечнике, а у здорового человека в кишечнике бактерий нет». Конечно, легко прийти к такому выводу: если у вас ничего не болит, то и в желудке никто не живет. Однако не торопитесь с вашим выводом — именно благодаря вашим невидимым «квартирантам»-бактериям у вас ничего не болит! В вашем кишечнике можно найти тысячи различных микроорганизмов, которые, с одной стороны, помогают вам переваривать пищу, лучше ее усваивать, а с другой стороны, борются с бактериями-пришельцами, «чужаками». Бактерии кишечника подыскали для себя «доходное место»: к ним все время поступают питательные вещества, не грозит высушивание, температура вполне подходящая. Значительную часть в сообществе микробов кишечника составляют молочнокислые бактерии и так называемые бактерии кишечной группы (семейство *Enterobacteriaceae* — «Кишечнобактериевые»). Самый знаменитый микроб из этого семейства — кишечная палочка *Escherichia coli*. С кишечной палочкой, как с одним из самых «безобидных» микробов, очень любят работать многие биологи-экспериментаторы. Кишечная палочка, хотя и не относится к семейству *Lactobacillaceae*, вполне способна питаться молочным сахаром, однако при этом она не выделяет молочную кислоту. Кишечная палочка — очень важный микроорганизм. Она не выносит высушивания или значительного нагрева, быстро гибнет от прямых солнечных лучей, не умеет образовывать покоящиеся споры и пережидать неблагоприятные условия.

? Как вы думаете, откуда такая нежная бактерия, как *Escherichia coli*, попадает в кишечник?

Кишечная палочка не только разлагает некоторые «вкусные» молекулы на более простые и доступные нашему организму, но умеет «готовить» такие вещества, которые наш организм сам не производит. Каждый знает, что без витаминов человек прожить не может. Некоторые из витаминов нам «поставляет» кишечная палочка. Так что кишечную палочку надо беречь! Состав сообщества микробов кишечника все время меняется. Вы выпиваете больше молока? Будьте уверены, в вашем кишечнике стало больше молочнокислых бактерий. Если вы съели еще что-нибудь, то больше станет других бактерий. Однако полностью «выселить» из кишечника уже поселившийся там вид бактерий практически очень сложно: ведь в кишечнике так много разных «закоулков» и маленьких неровностей, что любому микробу, если его уж очень прижмут, найдется, куда спрятаться. А вот заселить кишечник кем-то еще довольно просто. И тогда возникают различные заболевания: дизентерия, брюшной тиф или холера.

«Интересно, — скажете вы, — а бывает ли так, что в кишечнике нет никаких бактерий?» Оказывается, бывает. Только что родившийся ребенок или кролик не имеют никаких бактерий в кишечнике. Если младенцу дать материнское молоко в первые минуты жизни, то в его пищеварительный тракт попадут уже знакомые нам молочнокислые и некоторые другие бактерии. Среди них самый, пожалуй, важный вид микробов-защитников и помощников — *Bifidobacterium bifidum* («Раздвоеннобактерия раздвоенная»). (*Bifidobacterium* названа так из-за ее необычной формы: раздвоенная на конце палочка в виде буквы Y.) Эта бактерия защищает младенцев от опасных возможных «гостей» — стафилококков. Бифидобактерии первые «захватят территорию» и будут подавлять другие бактерии (конечно, если «незваных пришельцев» не очень много и они не слишком агрессивны). Но если младенцу сразу после рождения не дать материнского молока с защитными бактериями, то первыми в кишечнике могут поселиться стафилококки. Эти мелкие бактерии-шарики вызывают тяжелое расстройство пищеварения у маленьких детей. «Выбить» стафилококков с занятой ими позиции бывает очень трудно.

Задача. Предложите возможные способы «выселения» *Staphylococcus* из кишечника грудного младенца.

О том, что бактерии кишечника играют важнейшую роль в защите организма от инфекции, первым догадался Илья Ильич Мечников. Помните, что заразить лабораторных животных чело-

веческой холерой ученым никак не удавалось? А вот Мечникову это удалось. Он рассуждал так: «Если мы давали взрослым лабораторным животным культуру холеры и они не заразились, наверное, в их кишечнике живут такие микроорганизмы, которые не дали развиваться возбудителю холеры. Новорожденное животное не имеет в кишечнике никаких микроорганизмов. А что, если попробовать заразить человеческой холерой именно таких животных?» Мечников взял новорожденных кроликов и вместо материнского кроличьего молока накормил их чистой культурой холерных бактерий. Чтобы у юных кроликов не «развелись» защитные бактерии, Мечников кормил их стерилизованным молоком. Очень быстро кролики заболели холерой и погибли. Так что даже безопасные для взрослых микробы могут у новорожденных вызывать заболевания в первую очередь потому, что в кишечнике еще не собралось, не «устоялось» защитное сообщество бактерий.

И Холеру — грозное кишечное заболевание — одновременно изучали Кох и сотрудники Пастера. Для этой цели они поехали в Египет, в город Александрию (почему этот город так называется, выясните на уроке истории). Этот город раньше не знал холеры. Родина этого заболевания — Индия, ее влажные, болотистые районы. Когда люди жили более оседло и почти не ездили в дальние страны (за исключением редких путешественников-исследователей и миссионеров; кстати, а кто такие миссионеры?), холера была известна только в Индии. Но вот к концу XIX в. очень многие люди стали ездить по разным странам. Индия была английской колонией, и индусы стремились попасть в Англию — они слышали, что там людям живется гораздо лучше, чем в Индии, там за работу платят больше денег. Египет тоже был под английским владычеством, и, естественно, выходцы из Индии приезжали туда — все-таки ближе к Европе. К тому же через Египет пролежала наиболее короткая дорога из Индии в Англию. Были изобретены пароходы, плавание по морю стало более безопасным, более дешевым и, конечно, более массовым. К тому же Александрия — портовый город, а в порту всегда полным-полно людей из разных мест. Конечно же, вместе с людьми из Индии в Александрию приехала и холера.

Болезнь эта развивается очень быстро — за один или два дня больной теряет огромное количество воды и погибает. Заражать холерой новорожденных кроликов тогда еще не умели, поэтому Коху не удалось по всем своим правилам развернуть работу (помните о триаде Коха?). Для людей — к счастью, а для Роберта Коха — к огорчению после недолгой работы в Александрии холера стала сама собой пропадать. Кох стал просить немецкое правительство отпустить его в Индию (а там холера живет всегда), чтобы закончить начатые исследования. Ему разрешили поехать, и вскоре он со своими помощниками приехал в Калькутту.

Задача. Как вы думаете, почему кишечные заболевания чаще всего встречаются в теплых странах? Почему родиной многих видов болезнетворных бактерий являются теплые страны?

Кох нашел, что у всех больных в кишечнике живет особого вида бактерия, похожая на запятую. Ее называли холерным вибрионом *Vibrio cholerae* (рис. 32). Но гораздо чаще использовали термин «запятая Коха». (Кстати, «палочкой Коха» называется возбудитель туберкулеза.) Подобных «запятых» оказалось очень много в мелких водоемах, откуда бедные индусы брали воду для питья, тут же они мыли посуду, стирали белье, купались. А если кто-нибудь страдал от неведомого заболевания, существовала традиция окунать его в «священный пруд», который часто использовался так же, как и все остальные. Различные нечистоты, смываемые потоками дождя, легко

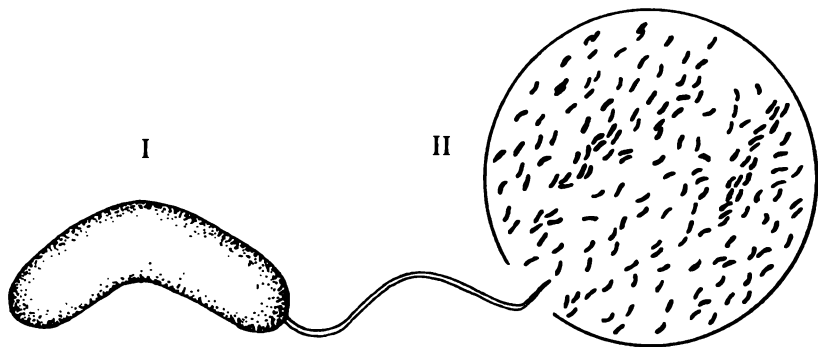


Рис. 32. Холерный вибрион — *Vibrio cholerae* («запятая Коха»):

I — отдельный вибрион; II — множество бактерий в поле зрения микроскопа

попадали в водоемы. Зачерпнув воды из одного пруда, Кох рассмотрел ее в микроскоп и обнаружил там зловещую «запятую» — вибрион. Было от чего прийти в ужас, особенно когда приходилось наблюдать, как живут люди в индийских хижинах — как тут не быть холере!

В тех же кварталах, где жили европейцы, холера отмечалась очень редко. Даже индусы, живущие здесь, болели гораздо меньше. Все дело было в том, что европейцы построили для себя водопровод. Вода в нем была профильтрована через песок, и бактерий в ней оказалось гораздо меньше. А холерный вибрион не удалось обнаружить совсем. К тому же вся грязная вода из европейских кварталов аккуратно удалялась по трубам. Кох, конечно же, предложил срочно построить водопровод для всех жителей Калькутты, чтобы истребить холеру полностью. Но местные власти сказали немецкому исследователю, что на это у них не хватит денег, и к тому же стоит ли тратить деньги на каких-то нищих оборванцев? Такой ответ возмутил Коха.

Кох вернулся в Берлин с открытием: он теперь знал пути передачи холерной «запятой» от больного человека к здоровому, до того казавшиеся загадочными. Он привез с собой и микроб, надежно помещенный в пробирку, разумеется, в виде чистой культуры. Но мышей или кроликов, как мы уже говорили, заразить холерой, увы, не удавалось, поэтому Кох, не вполне довольный своей поездкой, испытывал сомнения в полученном результате.

Между тем были ученые, которые Коху не поверили. Один профессор-гигиенист считал, что холера возникает из-за близкого стояния грунтовых вод. Этот профессор был отчаянный человек и готов был доказывать свою правоту любыми средствами. Он выпросил у Коха самую-самую заразную культуру холеры и привез ее в университет, где читал лекции: «А сегодня я буду опровергать теорию Коха, который считает, что холера передается от человека к человеку и вызывается холерной «запятой». На самом деле холера вызывается высоким уровнем стояния грунтовых вод. Вот культура Коховых «запятых», которую я сейчас выпью. Грунтовые воды лежат глубоко под этой кафедрой, и мне ничто не грозит». Студенты испугались за своего любимого профессора и стали уговаривать его не делать столь опасного шага. А вдруг этот самый Кох действительно окажется прав? Но профессор сильно рассердился на студентов: «Как вы можете усомниться в том, что я прав! Какому-то

Коху вы верите больше, чем своему учителю!» И профессор выпил холерную культуру...

Как он не заболел — долго оставалось полной загадкой. Позднее Илья Ильич Мечников, отчаявшись заразить хоть какое-нибудь животное, сам выпил культуру холерного вибриона. Мечников верил в то, что должен непременно заразиться, однако он тоже не заболел холерой. Было замечено, что холерой чаще болеют люди с каким-нибудь расстройством пищеварения. А у Мечникова, как и у профессора-гигиениста, к счастью, таких нарушений не было. Холерная «запятая» оказалась изнеженным микробом, как и кишечная палочка.

Однажды Илья Ильич обследовал грязные воды, вытекающие из загородного дворца французских королей — Версаля, и обнаружил в них холерных микробов. Мечников очень удивился. Он знал, что в Версале не было случаев заболевания холерой. Сначала Илья Ильич подумал, что открыл новый вибрион, очень похожий на холерный, но не опасный. Чтобы проверить это, Мечников заразил одного из своих сотрудников культурой нового микроба, естественно, предупредив о грозящей опасности. Сотрудник оказался мужественным человеком и согласился на рискованный эксперимент — чего только ни делали исследователи, чтобы узнать истину! Новый вибрион оказался старым, холерным вибрионом — сотрудник заболел, однако все кончилось благополучно. «Но откуда-то этот микроб должен был взяться! — задумался Илья Ильич. — Наверное, он живет в кишечнике внешне совершенно здоровых людей, холера у них никак не проявляется. Может быть, они и сами не заметили, как переболели легкой формой холеры без тяжелых симптомов. А холерные «запятые» остались и время от времени выделяются из кишечника наружу. Просто другие виды микроорганизмов кишечника не позволяют им причинить большой вред человеку». И вот Мечников разыскал несколько человек, переболевших холерой, и исследовал бактерий из их кишечника. Там он нашел «запятые Коха».

Теперь вы понимаете, почему Илья Ильич Мечников всю оставшуюся жизнь пил йогурт из болгарской палочки? С ее помощью он хотел «выселить» из кишечника холерный вибрион, которым он сам себя специально заражал в ходе экспериментов.

Конечно, мы не смогли рассказать вам обо всех полезных и болезнетворных бактериях, обитающих в недрах нашего кишечника. А сколько еще на земле других видов животных, у которых тоже есть пищеварительная система. И сколько еще там осталось никем не исследованных видов микробов! В заключение скажем лишь, что трудно провести грань между полезными и вредными для нас микробами. Как видим, даже опасная для здоровья холерная «запята» может мирно «пастись» внутри нашего тела. Вы скажете, что она все равно вредная. Ничего подобного! Тот, у кого есть холерная «запята» в кишечнике, ни за что не заболит тяжелой формой холеры.

«Но, позвольте, а разве нет полезных бактерий?» — спросите вы. Увы, абсолютно полезных бактерий тоже нет. К примеру, кишечная палочка, если она «разгулялась» не в меру, может вызвать неприятное расстройство. При операциях на кишечник очень важно, чтобы на кишках не осталось «дырочек». Иначе кишечная палочка и другие «мирные» обитатели кишечника смогут «забраться» в полость тела и сильно размножиться. Такая инфекция быстро приводит к самому печальному исходу. Когда А. С. Пушкин стрелялся на дуэли, пуля Дантеса попала ему в живот, в кишечнике образовались дыры и через них внутрь тела устремились микроскопические обитатели. Тогдашняя медицина мало знала о бактериях, и великого поэта не удалось спасти. Вот вам и «полезные» бактерии! Даже самая полезная бактерия, размножившись в неподобающем месте, может оказаться очень вредной.

Самое важное для нашего здоровья — чтобы наши невидимые «постояльцы» — бактерии — жили с нами в мире. Сообщество бактерий, о котором вы только что узнали, довольно изменчиво. С одной стороны, оно устойчиво, состав видов бактерий обычно не очень меняется (по крайней мере самых больших по численности видов бактерий нашего кишечника). С другой стороны, это сообщество легко нарушить. А делается это так.

У вас слегка бурлит в животе, и вы решили заняться самолечением. Вы глотаете таблетку фталазола или левомицетина. Эти мощные лекарства убьют громадное количество ни в чем не повинных кишечных палочек и бифидобактерий. А кто же вас будет защищать? После такого «лечения» вы стали беззащитны, почти как только что родившийся младенец. Теперь безобидные прежде бактерии смогут в вас заселиться и причинить вам большие неприятности. Если бы вы не убили своих маленьких защитников

таблетками, они наверняка быстро справились бы с мелкими «беспорядками» в вашем животе.

Но, если поднялась температура и начались резкие боли в животе, не ждите, пока бактерии-защитники справятся с нависшей над вашим здоровьем угрозой. Некоторые болезни кишечника очень быстро и печально кончаются, защитных сил микробного сообщества может не хватить. Срочно обратитесь к врачу — он лучше разберется, каких бактерий и какими лекарствами нужно убить.

Помните о ваших незримых союзниках — не убивайте их напрасно!

§ 3. Организм защищается

Если вы порезали палец и порез попался на глаза родителям или тем более доктору — пощады не ждите! Палец непременно промоют раствором перекиси, смажут йодом или «зеленкой» вокруг ранки, забинтуют или наклеят пластырь и только после этого отпустят. Как бы вы ни сопротивлялись, как бы вы ни страдали от боли, старшие все равно сделают по-своему. А как вы думаете, зачем они вас так мучают? Как вы совершенно справедливо полагаете, взрослые опасаются бактерий. Именно их убивают перекись, йод и «зеленка».

«Неужели палец отвалится или придется мучиться еще больше, чем от йода? — недовольно проворчите вы. — Ведь многие животные получают мелкие ранки почти каждый день. Никто их «зеленкой» не смазывает, и звери почему-то не погибают. Наверное, можно обойтись и без йода. А что, если ранку совсем не смазывать?» Можно, конечно, и так. Наш организм умеет заживлять раны и сопротивляться бактериям.

Сначала ничего особенного не произойдет. Правда, место пореза покраснеет, и через некоторое время там начнет накапливаться белый гной.

Вот что обнаружили ученые с помощью микроскопических исследований. В крови плавают множество красных круглых клеток — *эритроцитов* (по-гречески «эритро» — красный, «цит» — клетка). Они заняты тем, что переносят кислород к каждой клетке тела. Но встречаются в крови и другие клетки — белые, «перетекающие» с места на место, имеющие непостоянную форму. За свой цвет они получили научное название *лейкоциты* («лейко» — бесцветный, «цит» — клетка). Но есть у них и другое имя — *фагоциты*. Фагоциты спешат к месту пореза, их там скап-

ливается много-много. Эти отважные клетки вступают в смертельный бой с бактериями, попавшими в рану. Фагоциты захватывают бактерий, стремятся их переварить и очень часто гибнут, наглотавшись ядовитых «пришельцев» (фагоциты намного крупнее бактерий). На смену погибшим из всех закоулков кровяного русла, из всех потайных углов организма устремляются все новые и новые фагоциты. Белых клеток становится очень много, именно от этого ранка выглядит вспухшей и побелевшей. Если в рану попало мало бактерий, то нагноения не видно — фагоциты быстро съедают всех неожиданных гостей и вновь расползаются по своим делам. Если рана гноится — дело плохо. Наши защитники-фагоциты гибнут тысячами, бактерий отравляют их своими ядами и проникают все глубже и глубже в недра нашего тела. Последствия такого вторжения могут быть самыми неприятными. Но, допустим, все обошлось и все бактерии убиты. Поле боя усеяно трупами доблестных клеток-защитниц, и такое скопление явно не на пользу нашему здоровью. Фагоциты, оставшиеся в живых, расчищают ранку от погибших — они съедают мертвых фагоцитов точно так же, как съедали бактерий.

Фагоциты открыл Илья Ильич Мечников. Вам могло показаться, что Илья Ильич был микробиологом, поскольку он изучал холерный вибрион, болгарскую палочку, а также взаимоотношения бактерий друг с другом. На самом деле сначала он был зоологом, изучал морских животных Средиземноморья, а потом «переквалифицировался». Мечников изучал процесс пищеварения у самых разных организмов. У некоторых, например у губок (тип *Spongia*), не было сложной пищеварительной системы, состоящей из ротовой полости, пищевода, желудка, тонкого и толстого кишечника и разных прочих «усовершенствований». Губки ловили пищевые частички отдельными клетками. Сами клетки тела губок не очень «привязаны» друг к другу, они легко покидают свои места, меняют форму, «переключаются» на другую работу. Казалось, что отдельные клетки, каждая из которых «себе на уме», собрались пожить вместе, потому что в одиночку жить сложнее. Отдельная клетка могла самостоятельно питаться и передвигаться. Губки питались мелкими одноклеточными водорослями и бактериями. Тут-то у Ильи Ильича зародилась мысль, что в больших многоклеточных организмах могут быть клетки, постоянно блуждающие в поисках бактерий и других посторонних частиц.



Илья Ильич Мечников

Однажды Мечников наблюдал за развитием личинки морской звезды. Его заинтересовало не только пищеварение. Он увидел, что часть клеток блуждают, постоянно переползая с места на место. «Вот эти-то клетки и должны быть защитниками организма! — подумал Мечников. — Но как это доказать?» Ученый побежал в сад и сорвал там розу. Самую распространенную на юге Италии розу, с красными лепестками, всю в листьях и шипах. Зачем? Чтобы отломить от розы несколько шипов и вонзить их в тело личинки морской звезды. «Если блуждающие клетки действительно защищают организм, то они должны собраться в месте повреждения, «напасть» на шип и на бактерий, которые наверняка на нем сидят». На следующее утро Мечников заглянул в микроскоп и увидел, что около занозы собрались блуждающие клетки.

Мечников решил проверить, будут ли клетки губок поедать какие-нибудь посторонние частицы. Он взял тушь, которая состоит из мелких частичек, видимых в микроскоп, и попытался накормить ею губок. Через некоторое время клетки губок были буквально нафаршированы частицами туши. «Ну и что! — сказали Мечникову другие ученые. — Подумаешь, какие-то губки могут поедать тушь, а около шипа от розы собрались какие-то непонятные клетки. При чем же здесь защитные механизмы человека? Да и могут ли губки

поедать живых бактерий, а не мертвые частицы туши?» Словом, Мечникову не поверили.

Однако вскоре он обнаружил и изучил интересное заболевание мелких рачков-дафний. Правда, оно вызывалось не бактериями, а грибами, т. е. не прокариотами, а эукариотами. (Наверное, нужно было бы рассказать про это в разделе о грибах, но мы не удержались и расскажем вам прямо сейчас.) Дафнии питаются так: прогоняют своими «лапками» большое количество воды и отлавливают все частицы подряд, потом глотают собравшийся возле глотки комок. Некоторая часть пищи переваривается в желудке у дафнии, а то, что не переварилось, выбрасывается наружу. Гриб, который вызвал заболевание рачков-дафний, выбрасывает в воду много «колючих» спор. Когда эти споры попадают в организм к крохотному рачку, на них в желудке набрасываются блуждающие клетки и переваривают. Но иногда блуждающие клетки не успевают к «месту происхождения». Тогда споры успевают прорасти, и вскоре весь организм дафнии оказывается оплетенным грибницей — тонкими многоклеточными нитями гриба. Рачок в скором времени погибает, а гриб, сделав свое черное дело, выбрасывает в воду множество колючих спор.

Мечников пронаблюдая все это и описал в нескольких статьях, и только тогда многие ученые поверили, что защищают нас от микробов блуждающие клетки. Илья Ильич долго думал, как их лучше назвать. В конце концов он назвал их фагоцитами (от греческого «фагос» — «пожирающий», «цит» — «клетка», т. е. «клетка-пожиратель») (см. рис. 33). И снова не все поверили Мечникову. Однако его с радостью принял Рудольф Вирхов. Ведь теория «пожирающих клеток» была очень близка его собственным взглядам. Если у человека есть клетки, которые защищают организм от болезней, то теория «клеточной патологии» в принципе верна. (Вспомните о том, как ученые узнавали о болезнетворности бактерий; каких взглядов придерживался Р. Вирхов.) Поддержал Мечникова и Пастер. А вот Роберт Кох, даже посмотрев в микроскоп препараты Мечникова, не согласился с ним.

Нужно вам сказать, что ко времени открытия фагоцитов были придуманы прививки от разных болезней и интересные способы лечения. Конечно, первая прививка — против оспы — была придумана задолго до того, как мир узнал о болезнетворных свойствах

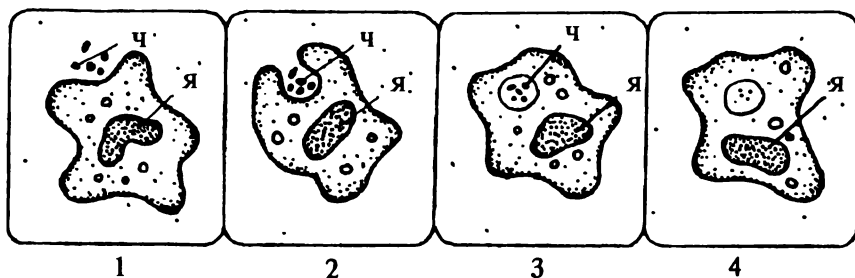


Рис. 33. Открытое И. И. Мечниковым явление фагоцитоза:

1 — фагоцит подползает к чужеродным частичкам (бактериям); 2 — фагоцит начинает захватывать частички; 3 — частички попали внутрь фагоцита; 4 — фагоцит переваривает захваченные частички. Обратите внимание: клетка фагоцита имеет ядро. Фагоцитоз широко распространен только среди эукариот: я — ядро, ч — чужеродные частицы

микробов. Однако научное обоснование прививкам дал Луи Пастер. Было замечено, что, переболев один раз каким-нибудь заразным заболеванием, животное или человек больше им никогда не болеет. «Вот если бы все болезни протекали так, — мечтал Пастер, — поболел немножко, а потом это заболевание уже не страшно!» Когда Кох открыл возбудителя сибирской язвы, стало ясно, что бактерии вызывают заразные болезни. Если у вас в руках культура бактерий, то достаточно их немного «приморить», так, чтобы они все еще были живы и могли заражать животное или человека, но исход такой болезни был бы не смертельным. Первый раз такой опыт был не запланирован и получился сам собой. Пастер занимался куриной холерой (ничего общего, кроме названия, эта болезнь с человеческой холерой не имеет). Как-то раз цыплят пробовали заразить старой культурой бактерии-возбудителя, но они не заболели. Пастер велел их не убивать, а оставить для следующих опытов. Но вот куриной холерой — уже свежей и «жизнеспособной» — Пастер заражает партию цыплят. И, удивительное дело, часть цыплят не заболела, хотя раньше такого не случалось. Все цыплята должны были умереть. Пастера это заинтересовало, и он спросил у служителя, откуда тот взял таких удивительных цыплят. «Да вот, — сказал тот, — с прошлого опыта остались». Пастер быстро нашел в своих записях, в чем тогда было дело. И теперь он

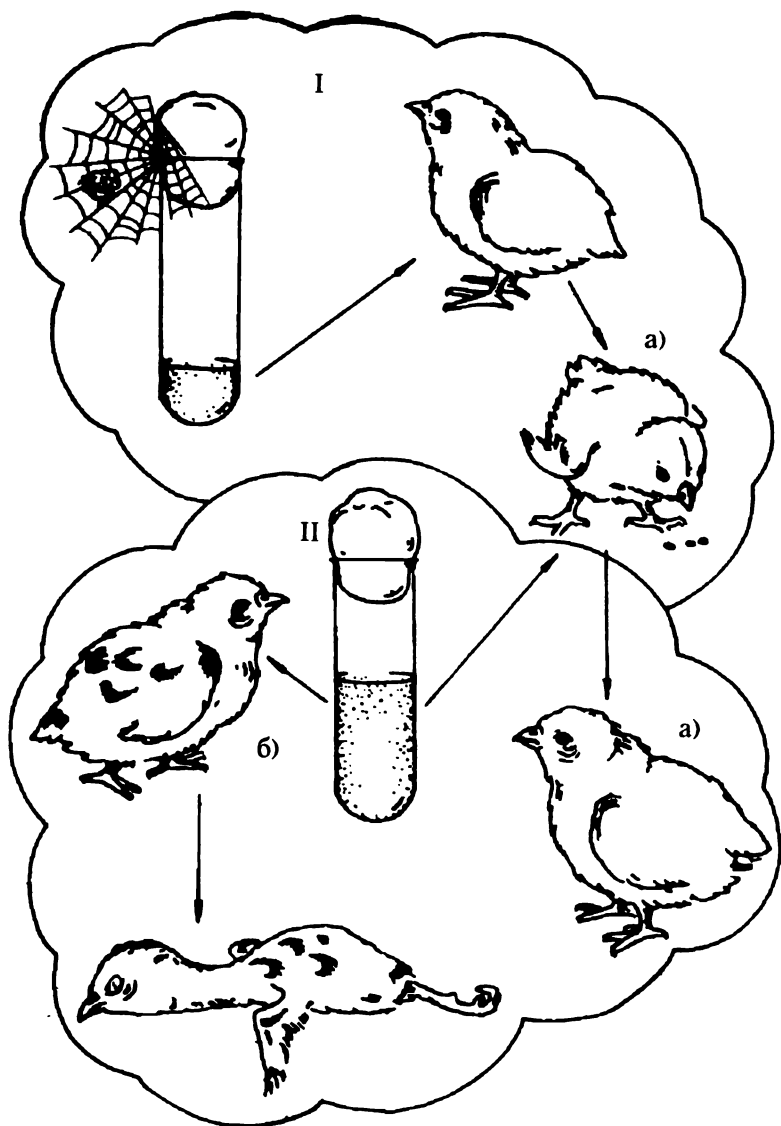


Рис. 34. Луи Пастер разрабатывает прививки против куриной холеры:
 I — цыпленок заражают старой культурой возбудителя куриной холеры. Цыпленок остается живым (а); II — этого же цыпленка (а) заражают свежей культурой. Цыпленок не умирает. Если взять другого цыпленка (б), которого не заражали старой культурой, то от свежей культуры возбудителя куриной холеры он погибает

уже специально приготовил культуру возбудителя куриной холеры, «состарил» ее, бактерии ослабли и уже не смогли убить цыплят. Цыплята поболели чуть-чуть, но потом выздоровели, и больше заразить их не удалось даже самыми «зловредными» культурами возбудителя куриной холеры (рис. 34). Впоследствии Пастер разработал прививки, защищающие от сибирской язвы, бешенства.

«Фагоциты научаются собираться к месту инфекции и побеждать сначала слабого противника, а потом даже сильный возбудитель заболевания им уже нипочем — они легко и быстро расправляются с вредными микробами. Таким образом, прививка — это своеобразная тренировка для фагоцитов», — сказал бы Мечников.

Все было бы хорошо, но в лаборатории Коха один из его учеников обнаружил странное явление. Если взять кровь животного, налить ее в пробирку и дать ей немного постоять, то кровь «свернется» — в ней образуется клубок из тончайших нитей. Они гораздо тоньше, чем нити бактерий сибирской язвы. Если бы кровь не умела сворачиваться, то при малейшей ранке она вся по капельке вытекла бы из организма. Но нити «закупоривают» дырочку и кровь не вытекает. Этот «клубок» оседает на дне пробирки, увлекая за собой все клетки крови, а сверху остается соломенно-желтая жидкость — сыворотка. Если животному сделать прививку, потом попытаться заразить его сильной культурой возбудителя, а затем получить сыворотку, она будет обладать интересным свойством. Даже без всяких фагоцитов бактерии возбудителя разрушатся в сыворотке крови такого животного. Сыворотка животного без прививки не может убить бактерии.

Некоторые бактерии, например возбудитель дифтерии, выделяют много яда. Оказывается, сыворотка привитого животного может обезвредить даже яд! Возьмем две пробирки с дифтерийным ядом. В одну из них добавим сыворотки привитой против дифтерии лошади, а в другую ничего не добавим. Теперь попытаемся отравить лабораторных мышек ядом сначала из одной пробирки, а затем из другой. Там, где была сыворотка, яд перестает действовать. В варианте, где был дифтерийный яд без сыворотки, мыши погибнут (рис. 35).

Задача. На самом деле пришлось взять не две, а три пробирки с дифтерийным ядом. Как вы думаете, зачем понадобилась третья пробирка?

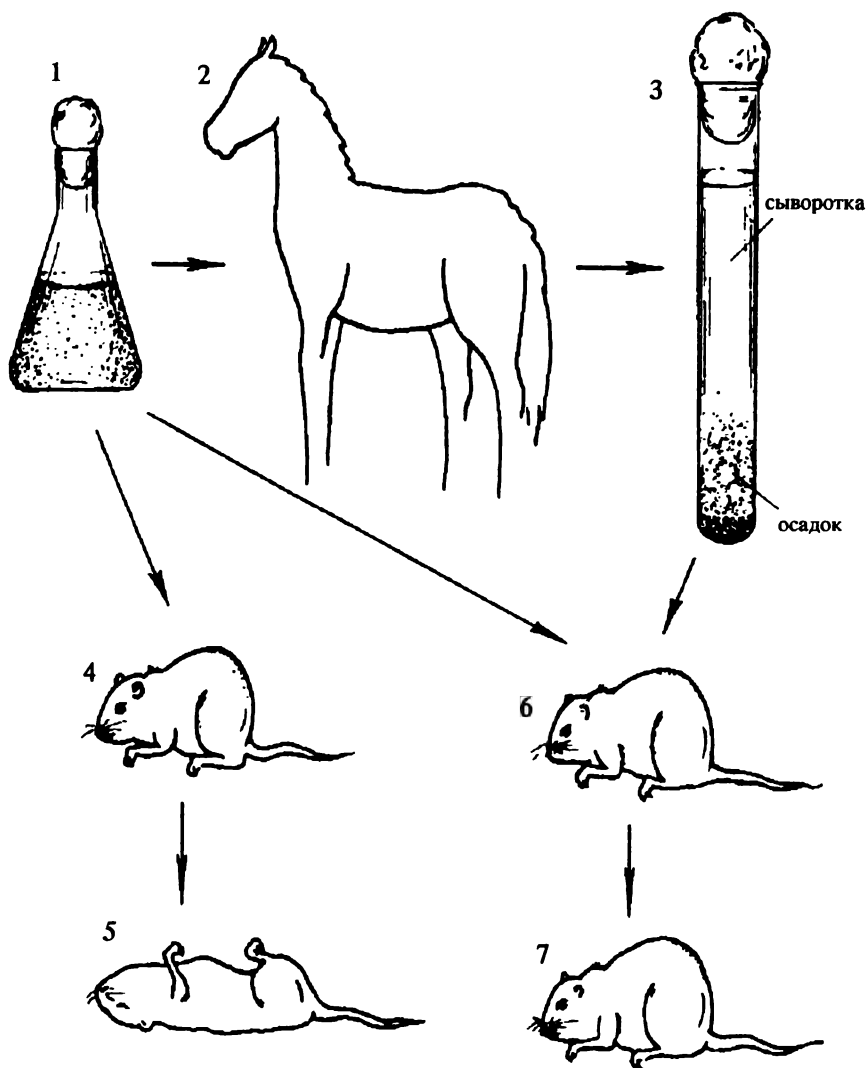


Рис. 35

Опыт, показывающий защитные свойства сыворотки. В колбе 1 находится культура возбудителя дифтерии, который выделяет яд. Лошади 2 делают прививку этой культуры. Через некоторое время у лошади берут кровь. В пробирке с кровью образуется осадок из тонких нитей и кровяных клеток. Сверху в пробирке прозрачная жидкость — сыворотка. Мышь 4 заражают культурой возбудителя дифтерии, она погибает 5. Другую мышь 6 заражают культурой, смешанной с сывороткой крови лошади. Мышь остается живой 7

И больных детей начали спасать от дифтерии сывороткой привитых животных. Так что у Коха были основания не поверить фагоцитарной теории Мечникова.

Так что же убивает бактерий, попавших в организм? Сыворотка крови или фагоциты? Могут ли бактерии запутаться в клубке нитей сворачивающейся крови? А может быть, просто высокая температура тела губит непрощенных гостей?

Известно, что некоторые болезни не уживаются друг с другом. Например, довольно неуживчива малярия (она вызывается не бактериями-прокариотами, а эукариотами, т. е. у возбудителей малярии есть ядро). Малярия протекает «приступами»: низкая температура — высокая температура — низкая температура — высокая и т. д. В момент приступа температура может подниматься до 40°C и выше! Есть изнеженные бактерии, которые спокойно живут при $36,6^{\circ}\text{C}$, но стоит температуре немного подняться (всего на каких-то 4°C) как эти неженки погибают. Если болезнь вызвана бактериями, не выносящими высокой температуры, то метод лечения довольно прост, им широко пользовались в начале XX в. Заражаем человека малярией: несколько приступов этой лихорадки, и возбудителей другой болезни как ни бывало! А малярию тогда уже умели быстро лечить.

Наверное, при инфекционных заболеваниях температура поднимается неспроста. Организм пробует «выжечь» микробов с помощью высокой температуры. Конечно, не на всех возбудителей это действует. Однако с некоторыми болезнями таким способом организм справляется.

Сегодня ученые уже твердо знают, что наш организм защищается от бактерий всеми возможными способами: и с помощью фагоцитов, и с помощью сыворотки крови, и высокой температурой.

Дополнительный материал

А сейчас мы расскажем вам об ученом, имя которого связано с открытием еще одного способа защиты организма от бактерий. Он же открыл новое лекарственное вещество, которое спасло миллионы человеческих жизней, защитило людей от многих инфекционных заболеваний. Этот ученый — Александр Флеминг.

АЛЕКСАНДР ФЛЕМИНГ

Александр Флеминг родился в Шотландии 6 августа 1881 г. в семье фермера-арендатора. В семье было 8 детей. Алек учился в сельской школе, где уроки для ребят всех возрастов вела одна учительница. Каждый день он бегал в школу за несколько километров, в хорошую погоду — босиком, поскольку его семья была очень бедной. Потом он учился в школе-интернате, где в классах было по шестьдесят учеников, так что рассчитывать приходилось в основном на собственные силы. В 13 лет Флеминг уехал в Лондон к брату, который работал в мастерской по изготовлению очков. В Лондоне он устроился служить в пароходную компанию и только после того, как получил наследство от дяди, смог поступить учиться в медицинскую школу — в это время ему было 20 лет.

Поступление в медицинскую школу было не простым, поскольку у Алека не было свидетельства об окончании средней школы и ему пришлось сдавать экзамены за среднюю школу экстерном. В медицинской школе изучали анатомию, физиологию, фармакологию (фармакология — наука о лекарствах). Студенты много занимались практической медициной. Флеминг успешно учился по всем предметам и много занимался спортом. Там же он увлекся лекциями профессора Райта, пошел работать в его лабораторию и трудился в ней всю жизнь.

Ученым, которые работали в лаборатории Райта, не платили зарплату. Райт считал, что занятия наукой так интересны, что сама по себе возможность вести исследования является достаточной платой. Зарабатывать на жизнь приходилось лечением больных. Работа в лаборатории была действительно очень интересной и творческой. Райт и его ученики не считались со временем, трудились днем и ночью. Студенты, возвращаясь часа в два ночи с вечеринки, иногда заходили в лабораторию. Они знали, что застанут там Флеминга за микроскопом или за изготовлением какого-то нового прибора, или за подсчетами. Столь напряженная работа была прежде всего связана с тем, что молодые ученые надеялись сделать медицину более строгой наукой, чтобы она позволяла успешнее лечить больных. Работа была трудной, не сулила славы, но давала надежду помочь людям. Флеминг утром работал в больнице, вечером — в



Александр Флеминг

лаборатории, а ведь надо было еще и учиться! В 1908 г. он с золотой медалью окончил университет.

В лаборатории разрабатывались способы борьбы с инфекционными болезнями. Ее часто посещали известные ученые. Приезжал И. И. Мечников, который рассказывал про фагоциты. Приезжал немецкий ученый П. Эрлих, который искал химические вещества, убивающие бактерии. Лаборатория разрабатывала новые прививки против разных болезней.

В 1914 г. началась первая мировая война, и сотрудники лаборатории поехали в армию бороться с заболеваниями солдат, искать способы лечения раненых.

Вы уже поняли, что Флеминг был способным и трудолюбивым человеком. Кроме того, он был очень наблюдательным. В своих опытах он не оставлял без внимания никаких мелочей. Это и позволило ему в 1921 г. сделать первое большое открытие (в то время ему было 40 лет).

Как-то Флеминг капнул в чашку с бактериями немного слюны. Чашечка долго стояла в лаборатории, ее собирались выбросить. Но Флеминг заметил, что среди цветных кружочков — колоний бактерий — есть участок совершенно прозрачный, свободный от колоний. Он сообразил, что в этом месте бактерии погибли и даже

растворились. Потом он вспомнил про слюну и решил, что вещество, убивающее бактерии, содержится именно в слюне.

Это навело его на интересную мысль. Как бактерии попадают в организм? Либо через раны и царапины, либо при укусах насекомых. Но кроме того, в организме есть такие участки, где кожа очень тонкая и соприкасается с внешней средой. Это участки поверхности рта, носа, глаз и легких.

Все они покрыты влажной тонкой кожей — так называемой слизистой оболочкой. Это слабое место в организме, через которое бактерии могут проникнуть внутрь него. И организм должен уметь защитить уязвимые участки.

? Почему поверхность этих органов покрыта тонкой кожей? Внешняя среда очень богата бактериями, и почему бы коже не быть потолще, как на ладонке или на пятке? Через толстую кожу бактерии не смогли бы «пробраться» внутрь организма. Почему для каждого из этих органов соприкосновение со внешней средой, содержащей бактерии, необходимо?

Сейчас выяснено, что все эти места активно защищаются фагоцитами. Например, каждый час из организма человека в полость рта «выбираются» для охоты на бактерий примерно 15 млн. фагоцитов.

Но Флеминг предположил, что в организме есть еще один способ защиты таких участков — химический, т. е. организм вырабатывает какое-то специальное вещество, губительное для бактерий. И он занялся поисками этого вещества.

Он изучил действие слюны и слезной жидкости на бактерии. В лаборатории специально покупали лимоны и лук, чтобы вызвать слезы у сотрудников.

Это вещество, убивающее бактерии, Флеминг назвал *лизоцимом* (от греческого слова «lysis» — лизис — растворение).

Лизоцим был найден не только в слюне, слезной жидкости и слизи, покрывающей полость носа (рис. 36, Л). Флеминг обнаружил лизоцим в некоторых растениях, в женском молоке и особенно много в белке куриных яиц. И это понятно — ведь в скорлупе куриного яйца есть отверстия для дыхания будущего цыпленка; через них могут проникнуть бактерии, а внутри яйца большой запас питательного материала, очень подходящего для развития

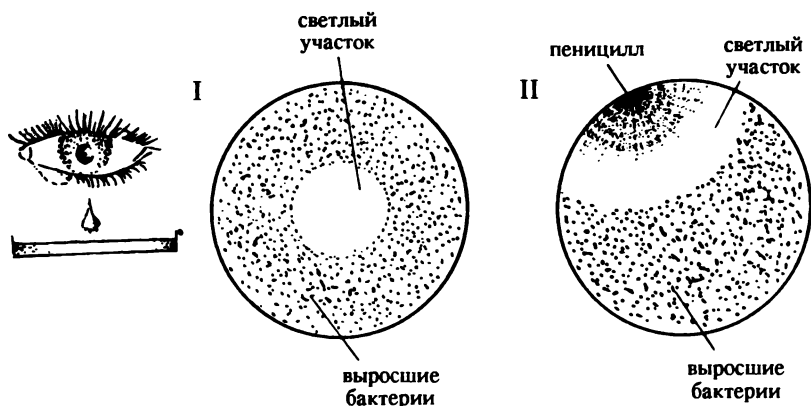


Рис. 36. Действие лизоцима и пенициллина на бактерии:

I — в чашке Петри растут бактерии. Если в нее упадет слезинка, то в этом месте бактерии «растворятся». Останется светлое пятно; *II* — в чашке Петри кроме бактерий вырос гриб — пеницилл. Он выделяет вещество (пенициллин), которое убивает бактерий.

Рядом с грибом бактерии не растут — остается светлый участок

бактерий, и нет фагоцитов. Лизоцим был обнаружен также в слизи, покрывающей тело дождевого червя и кожу лягушки. Это вещество оказалось универсальным, широко распространенным в природе.

К сожалению, в лаборатории, где работал Флеминг, не было химиков, поэтому не удавалось выделить лизоцим в чистом виде и узнать, как устроена его молекула. Флеминг плохо знал химию и очень сожалел об этом, когда открыл лизоцим.

Ставя разнообразные опыты с лизоцимом, Флеминг обнаружил, что это вещество не оказывает вредного действия на фагоциты, подобно многим из известных к тому времени антимикробных веществ. И он поставил перед собой цель: найти такое вещество, которое действовало бы на бактерий еще сильнее лизоцима и вместе с тем губило бы фагоциты.

В 1928 г. Флеминг совершил второе замечательное открытие. Оно было сделано почти так же, как и первое, во многом случайно, благодаря его наблюдательности. В лаборатории выращивалось множество бактерий в специальных чашечках с питательной средой. Часто в таких чашечках вырастала плесень и их просто выбрасывали. Однажды, взяв такую чашечку, Флеминг обратил внимание на то, что плесень выросла только на половине чашечки, а на

границе с плесенью не было видно бактерий (рис. 36, II). Ученый сразу подумал, что, может быть, плесень выделяет какое-то вещество, похожее на лизоцим. Если самые разные организмы вырабатывают лизоцим, то и плесень может вырабатывать похожее вещество. Он начал разводить эту плесень в своей лаборатории в питательном бульоне. А потом брал капельки этого бульона, куда плесень выделяла разные вещества, и добавлял их в чашки с разными бактериями. При этом он обнаружил, что вещество, выделяемое плесенью, убивает такие опасные бактерии, как дифтерийная палочка или бактерии сибирской язвы и других возбудителей опасных болезней.

Флеминг начал разводить в лаборатории самые разные виды плесени. Если раньше он просил сотрудников и посетителей поплакать, чтобы собрать побольше слез, то теперь он просил всех приносить заплесневелые вещи и продукты. Он спрашивал: «Нет ли у вас дома какого-нибудь заплесневелого башмака? Если есть, то подарите мне с него немного плесени».

Но что такое плесень? Оказывается, это микроскопические грибы. Они бывают разного цвета и разных видов: коричневые, желтые, зеленые, черные. Размножаются они с помощью спор, которые летают в воздухе, и прорастают, попав в подходящую среду. Тот вид плесени, который убивал бактерии, относился к роду *Penicillium* (читается «пенициллум»). Кстати, вы не успели забыть, что такое «род» и каково его место в «адресе» любого живого существа? Флеминг назвал выделяемое этими грибами вещество пенициллином.

Ученые, изучающие грибы, знают, что плесень и бактерии конкурируют друг с другом за пищу. Споры грибов и бактерий летают в воздухе; и те и другие могут попасть в одно и то же место, в какие-то гниющие остатки, в пищевые отходы. Кто будет быстрее размножиться, кто захватит и использует большую часть пищи? И вот, оказывается, грибы умеют подавлять размножение бактерий и даже убивать их.

Такая же конкуренция существует и между другими организмами. Например, к погибшему животному слетаются птицы, питающиеся падалью. Но их может отогнать и завладеть добычей какой-нибудь более сильный хищник.

Ученые, изучающие грибы, не подумали, что выделяемые грибами вещества могут быть полезными для медицины. Флеминг же, который всю жизнь искал способы борьбы с инфекционными забо-

леваниями, после своих первых наблюдений сразу стал думать, как использовать эти вещества. Он рассуждал так: обычные средства против бактерий, например карболка, убивают не только бактерии, но и клетки человека, поэтому такие вещества нельзя пить, ими можно только обрабатывать раны. Но грибы в течение миллионов лет выработали вещества, которые вредны именно для бактерий — ведь клетки бактерий они убивают, а клетки грибов остаются целыми. Но тогда, может быть, эти вещества окажутся безопасными и для клеток животных, и их можно будет использовать как лекарства.

Флеминг попробовал воздействовать на фагоциты пенициллином и к своей радости убедился, что он не оказывает на них вредного воздействия. Тогда ученый ввел пенициллин кролику. Кролик никак не изменил своего поведения. Однако радость Флеминга оказалась преждевременной. Пенициллин не удавалось выделить в чистом виде, и был он очень нестойким. Как и в случае с лизоцимом, беда заключалась в том, что в лаборатории не было хороших химиков. Из-за этого пенициллин, открытый еще в 1929 г., в течение десятилетия не удавалось использовать как лекарство. Сотни тысяч людей, которых можно было бы спасти, погибли из-за того, что Флеминг и окружающие его люди не владели химическими методами.

Пенициллин был выделен в чистом виде только в 1940 г. Сначала он стоил очень дорого, потому что его производили в лабораторных условиях, но потом были построены целые заводы, и началось массовое производство пенициллина. Это лекарство спасло миллионы людей. В медицине начали применять и другие подобные вещества, которые называли *антибиотиками* («анти» — против, «биос» — жизнь). Это были вещества, которые вырабатывали против бактерий другие организмы, иногда даже и другие виды бактерий. Наверное, правильнее было бы назвать эти вещества защитниками жизни, ведь с их помощью спасали людей, обреченных на гибель. Во время второй мировой войны благодаря пенициллину удалось спасти множество раненых.

Флеминг стал знаменит. Его выбрали членом Британского Королевского общества, члены которого 300 лет назад читали письма Левенгука и с интересом рассматривали в микроскоп «зверушек». Флеминга приглашали к себе короли и президенты. В 1945 г. ему и химикам, которые очистили пенициллин, была присуждена Но-

белевская премия. Флеминг стал директором института, в который он когда-то пришел работать еще студентом.

Флеминг, проводший всю жизнь в Лондоне, посещает теперь разные страны. Он побывал в Италии, Греции, Индии, Соединенных Штатах Америки и многих других странах. В Пакистане он прочитал лекцию «Как дети Пакистана могут стать исследователями будущего». Вот что говорил он в этой лекции: «Мы все можем, над чем бы ни работали, заниматься исследованиями, критически наблюдая все, что происходит вокруг нас. Если мы замечаем необычное явление, мы должны обратить на него внимание и выяснить, что оно означает. Будущее человечества, бесспорно, в большей степени зависит от предоставляемой исследователю свободы. Если исследователь стремится к славе, это нельзя считать безрассудным тщеславием, но, если он занимается научной работой ради денег или власти, ему не место в лаборатории».

В 1955 г. Александр Флеминг умер от инфаркта. Смерть этого ученого была довольно необычно отмечена во многих странах мира. Например, в Барселоне все продавщицы цветов высыпали свои цветы у памятной доски, которая была открыта в честь посещения Флемингом Испании, так что получилась целая гора цветов. В Греции был объявлен национальный траур. В связи с этим рассказывают такую историю. Какие-то путешественники ехали по Греции и заметили, что в каждом городе и в каждой деревне, по которым они проезжали, приспущены флаги. Тогда они остановились и спросили у идущего им навстречу старого пастуха: «Что у вас случилось? Почему в стране траур?» «Как, — удивился пастух, — разве вы не знаете? Умер Флеминг».

§ 4. Антибиотики

Со времени открытия первого антибиотика — пенициллина — прошло немало лет. Были обнаружены многие другие антибиотики. Как же они работают?

Антибиотики, как вы только что узнали, — это защитные молекулы бактерий, грибов и других организмов. Это мощное оружие против многих микроорганизмов. Между тем не всякая защитная молекула имеет право называться антибиотиком. Во-первых, она должна быть довольно маленькой. Во-вторых, антибиотики — это очень сильные яды. Небольшой концентрации антибиотика хватает, чтобы убить организм бактерии-«врага». Молочную кислоту, кото-

рую выделяют молочнокислые бактерии, нельзя назвать антибиотиком, хотя ее молекулы достаточно малы. Ее нужно слишком много, чтобы другие микроорганизмы не смогли развиваться в молоке, — примерно 2—3%, тогда как антибиотика ампициллина достаточно взять всего 1 г на 50—100 л! В-третьих, антибиотики — очень тонкие яды. Известные яды — цианистый калий или мышьяк — нельзя назвать антибиотиками, поскольку они повреждают очень многие молекулы в клетке без разбора. А антибиотики «ведут прицельный огонь». Они повреждают какие-нибудь определенные молекулы или процессы.

Конечно, мы не учли многие другие особенности антибиотиков. Да это и невозможно сделать в школьном учебнике. Например, есть молекулы, очень похожие на естественные антибиотики, которыми защищаются разные организмы. Эти вещества специально созданы в лабораториях и обладают сходным с антибиотиками действием на микробов. Эти соединения тоже называют антибиотиками. Например, на основе пенициллина получены бензилпенициллин, ампициллин, карбенициллин, бициллин и другие антибиотики. Их называют антибиотиками пенициллинового ряда. Все они работают как пенициллин.

Задача. Как вы думаете, зачем понадобилось видоизменять молекулы природных антибиотиков?

Разберем для примера, как работает пенициллин. Он действует на формирующуюся клеточную стенку бактерий. Когда бактерия собирается разделиться, ей необходима новая клеточная стенка, которую она собирает из маленьких молекул-блоков. Вот тут-то и вмешивается пенициллин. Он не дает правильно «сшить» молекулы-блоки. Бактерии с клеточной стенкой устроены наподобие футбольного мяча: у нее есть две оболочки. Жесткая кожаная обшивка — это клеточная стенка. Резиновая камера — это клеточная мембрана. Теперь представьте себе, что в момент сшивки кожаных лоскутков кто-то разрезал нитки (это подействовал пенициллин). Часть лоскутков оказалась не пришитой. Если теперь надуть камеру, то она примет неправильную форму, «вылезет наружу» из незашитой части и в конце концов лопнет. Нечто подобное можно наблюдать и в микроскоп: обработанная пенициллином бактерия при делении принимает уродливую форму и после этого лопается (рис. 37). «Зашить» клеточную стенку как следует бактерии помешал пенициллин.

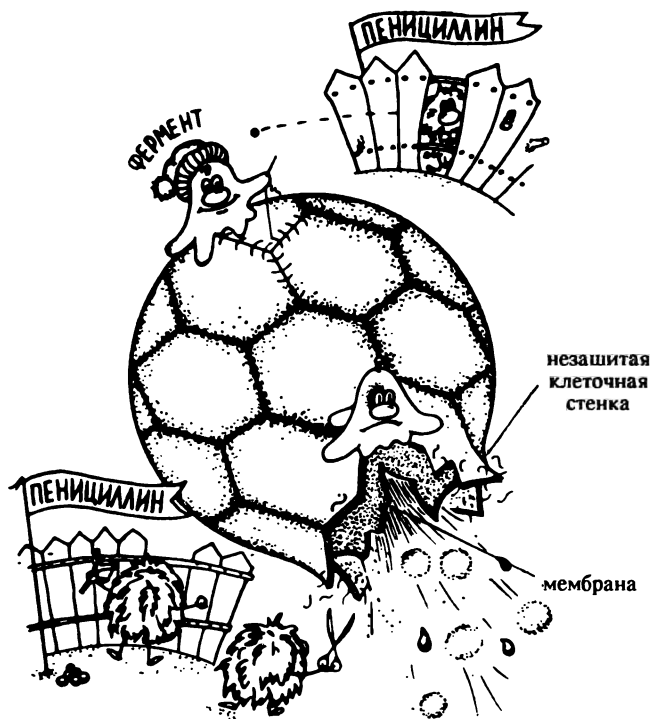


Рис. 37. Действие пенициллина на клетку бактерии

Футбольный мяч — это клетка бактерии. Наверху человечек в шапочке — это специальная молекула (фермент), которая сшивает другие молекулы-блоки между собой. Пенициллин нарушает работу по «сшиванию» кусочков клеточной стенки (в нижней части футбольного мяча). В результате кусочки оказываются несшитыми и клетка лопается



Конечно, вы удивитесь: «Как же бактерия может лопнуть? Для того чтобы лопнула футбольная камера, ее нужно долго надувать с помощью насоса. А кто же будет накачивать воду внутрь бактерий? Где спрятан насос?» На эти вопросы вам поможет ответить учитель физики. Он же вам подскажет, что нужно сделать с питательным раствором, чтобы бактерии не лопались даже без клеточных стенок. И действительно, пенициллин не убивает бактерий в питательном растворе, в котором они не лопаются без клеточных стенок.

Но если клетка не собирается делиться, то пенициллин ей не страшен. Ведь все лоскутки, из которых состоит клеточная стенка, заранее надежно «сшиты». Пенициллин не действует на клетки эукариот (помните, что это слово обозначает?), поскольку их клеточные стенки «сшиваются» из совершенно других молекул.

Мы рассказали только о действии пенициллина и других антибиотиков пенициллинового ряда. Но есть и множество других, например, тетрациклин, стрептомицин. Они будут действовать на бактерии по-другому.

Задача. У вас имеется смесь двух видов бактерий: один может расти в сахарном сиропе и в мясном бульоне, но не в молоке. Другой вид может расти в мясном бульоне и в молоке, но не в сиропе. На оба вида действует пенициллин. Как получить чистые культуры этих двух видов бактерий с помощью пенициллина?

Антибиотики — очень мощное оружие в руках медицины. Пользоваться им можно только при крайней необходимости. Мы расскажем вам историю о том, к чему приводит неправильное использование пенициллина.

Каждый знает, что зубная боль — это очень неприятно. Сначала зуб разрушается, в нем образуются трещины, каналы, дупла. А когда процесс разрушения зуба доходит до нервов, он начинает сильно болеть. Всему виной микроорганизмы, обитающие во рту всякого человека. Особенно быстро разрушаются зубы у тех, кто регулярно «подкармливает» своих микроскопических обитателей сахаром и не избавляется от них при помощи зубной щетки. Помните «анималькусов» Левенгука? Они-то и разрушают наши зубы.

Как установили ученые, разрушители наших зубов чувствительны к пенициллину. Когда пенициллин еще только учились выпускать в больших количествах, американские фирмы — производители жевательной резинки — стали выпускать и рекламировать жевательную резинку с добавлением пенициллина. Американцы очень любят что-нибудь жевать. А еще они любят, чтобы зубы были здоровыми. Поэтому новый сорт резинки стали охотно покупать. Еще бы — ведь пенициллин должен уберечь зубы от порчи!

Прошло немного времени, и в больницы стали поступать люди со странными симптомами: на языке появились черные болезненные гнилые пятна. Как выяснилось, все пациенты употребляли жевательную резинку с антибиотиком, и пенициллин убил не только разрушителей зубов, но и множество других микроорганизмов в полости рта.

Познакомившись с бактериями кишечника, вы уже догадались, что произошло. Те бактерии, которые остались живы (пенициллин действует не на всех), размножились. Раньше они были безвредными, ведь другие микроорганизмы не давали им бурно разрастаться. А теперь эти бактерии вызвали загнивание языка. Зубы, конечно, были целы, но микробное сообщество ротовой полости оказалось нарушенным. Язык оказался беззащитным не только перед вторжением посторонних бактерий, но даже перед собственными обитателями. А причина — неумеренное применение пенициллина.

Пенициллин — совсем не такое безвредное вещество, как это может показаться. У некоторых людей он вызывает сильные аллергические реакции: кожный зуд, покраснение кожи или что-нибудь еще более серьезное. Так что перед применением антибиотиков нужно обязательно выяснить, хорошо ли вы его переносите, нет ли у вас аллергии на назначенный антибиотик. Без рекомендации врача антибиотики применять вообще нельзя. Достаточно ли серьезно ваше заболевание, чтобы пускать в ход такие сильные яды, как антибиотики, может определить только опытный врач.

§ 5. Те, кто не любят воздуха

«Если наш организм так надежно защищен, то стоит ли каждый раз смазывать ранку йодом? Не проще ли понадеяться на защитные силы организма? Если бактерий в ранке мало, то все будет в порядке!» — скажете вы. Однако ранки обрабатывают неспроста. Необработанная ранка таит в себе опасность. Сначала в ней разовьются уже знакомые нам стафилококки. (Помните, при каких обстоятельствах мы вам о них рассказывали?) К поврежденному месту «сбегаются» фагоциты, рана разбухает. Там скапливается много фагоцитов, размножается масса бактерий, и каждая из этих клеток дышит! Кислорода на всех не хватает, фагоциты гибнут, к тому же снабжение кровью нарушено. И вот тут-то...

В ране поселяются бактерии, способные жить без кислорода. Их относят к роду *Clostridium* (кlostридии). Эти микробы не просто

обходятся без кислорода (например, кишечная палочка — *Escherichia coli* — тоже может обходиться без кислорода). Для клостридий кислород — самый настоящий яд! Микроорганизмы, которые не умеют использовать кислород, называют *анаэробами* (частица «ан» обозначает отрицание, «аэр» — воздух и «биос» — жизнь. Слова «аэроплан», «аэропорт» несут тот же «воздушный» корень. Подберите еще несколько слов с тем же корнем). Но не для всех анаэробов кислород — яд. Есть и такие, которые спокойно растут в присутствии кислорода, но никак его не используют. Это уже известные вам молочнокислые бактерии.

В противоположность анаэробам микроорганизмы, которые могут дышать кислородом, называют *аэробами*. Среди аэробов есть и такие, которые способны довольно долго обходиться без кислорода. Но уж если кислород есть, то они обязательно его используют.

Задание. Вы познакомились со многими микроорганизмами. Попробуйте расклассифицировать их на аэробы и анаэробы. Спросите у учителя, правильно ли вы провели классификацию.

Но вернемся к опасностям, которые таит в себе необработанная вовремя йодом рана. Кто же там поселится вслед за тем, как весь кислород израсходуется стафилококками, стрептококками и фагоцитами? Чем это грозит организму?

Наиболее известное заболевание — столбняк. Возбудитель столбняка — *Clostridium tetani* — такой же анаэроб, как и все клостридии. Он живет в кишечнике людей, а также коров, коз, лошадей и многих других животных (рис. 38). Как и сибиреязвенные палочки, возбудитель столбняка способен образовывать споры. В пробе практически из любой почвы можно обнаружить эти споры. Конечно, если в почву внесли навоз, то спор *Clostridium tetani* будет

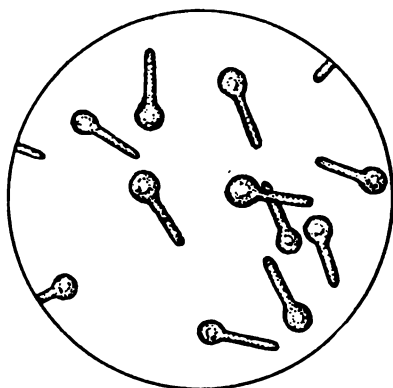


Рис. 38. Возбудитель столбняка — *Clostridium tetani*

Видно, что концы палочек вздуты — это образовались споры

гораздо больше, чем в неудобренной. Вот почему ранку нужно предохранять от попадания земли, а если земля все-таки попала, то необходимо немедленно промыть ранку. Чтобы заболеть столбняком, не обязательно нужна большая рана. Достаточно даже маленькой занозы или укола гвоздем.

Размножаясь в ране, *Clostridium tetani* выделяет много яда (совсем как дифтерийный микроб). Этот яд попадает в кровь и разносится по всему организму. Действие яда проявится не сразу. Через 5—14 дней клостридии выделяют столько яда, что он начнет действовать на нервные ткани. Нервные волокна ведут к мышцам, вот эти-то мышцы и сводит судорога. Первыми поражаются жевательные мышцы. Бывает совершенно невозможно открыть рот. Затем судорога идет по мышцам лица, вниз по шее, спине, рукам и ногам. Когда яд подействует на нервы, ведущие к дыхательным мышцам, смерть неминуема. Столбняком болезнь названа потому, что сведенные судорогой мышцы невозможно разогнуть, и человек становится неподвижным, как столб.

Кроме нервных тканей яд возбудителя столбняка разрушает красные кровяные тельца — эритроциты. Больной организм хуже снабжается кислородом, а клостридиям только того и надо!

Задача. Как вылечить человека от столбняка, после того как клостридии успели выделить свой яд в кровь? Антибиотики не помогут — от бактериального яда они не спасают.

В целях профилактики проводят прививки против столбняка. Но, к сожалению, прививки не защищают от столбняка на всю жизнь. Поэтому лучше уж смазать ваш порезанный палец йодом, чем умереть от столбняка.

В темных бескислородных недрах нашего кишечника обитают не только возбудитель столбняка, но и многие его близкие родственники, относящиеся все к тому же роду *Clostridium*. Чтобы не погибнуть от кислорода, эти микроорганизмы образуют споры. Внутри заостренных с обоих концов палочек-бактерий образуются пузырьки. Это и есть споры. Иногда бактериальная клетка принимает вид барабанной палочки — на одном конце круглое вздутие (спора), а другой конец по-прежнему острый. Споры, как вы помните, могут пролежать в земле несколько лет. Но в отличие от столбнячных эти споры не станут развиваться в маленькой ранке. Благоприятные условия для них возникают лишь тогда, когда их окажется в ране

очень много или будет сильно нарушено кровоснабжение. Такие условия создаются при обморожении, сильных ушибах, ожогах и серьезных ранениях. Особенно часто «родственники» столбняка нападали на людей во время войны. Вызываемое ими заболевание называется гангреной.

Даже и названия бактерий — возбудителей гангрены — звучат угрожающе: *Clostridium septicum* (Клостридий заражающий), *Clostridium hystolyticum* (Клостридий — разрушитель тканей). Эти анаэробы в процессе жизнедеятельности выделяют газы, которые «раздувают» раны. Из пораженного места выделяется кровавая пена. Но кроме всего эти вредоносные анаэробы ведут невидимую борьбу с человеческим организмом. Они выделяют яды, как и возбудитель столбняка. Если вовремя не проведено лечение, дело кончается совершенно так же, как и при столбняке.

И Поскольку возбудители гангрены обитают в нашем кишечнике, после смерти организма они начинают быстро развиваться. Организм больше не защищается от микробов, кровь больше не разносит по сосудам кислород. Труп становится настоящим рассадником для клостридиев. Те бесстрашные медики прошлого, которые отваживались вскрывать трупы различных животных и людей во имя науки, подвергали себя двойной опасности. Во-первых, их могли осудить по церковным законам того времени. (В те времена таких «преступников» сжигали на кострах. Когда это было? Кто преследовал европейских ученых? Узнайте об этом у учителя истории.) Во-вторых, при малейшей неосторожности можно было порезать себе палец, и клостридии из трупа попали бы в кровь исследователя. Заражение «трупным ядом» (т. е. клостридиями) приводило к смертельному исходу. В произведении И. С. Тургенева «Отцы и дети» описана смерть главного героя Е. Базарова именно от пореза при операции.

В древности, если гангрена поражала конечность, ее отрезали, а место операции прижигали. Это был единственный способ спасти человека. После того как стали известны особенности жизни клостридиев, придумали другой способ борьбы с гангреной. Гноящуюся рану рассекали ножом. Это делали для того, чтобы открыть кислороду доступ к ране — в таком случае анаэробные клостридии

прекращали свое развитие, и опасную инфекцию можно было пресечь. Конечно, операция была очень болезненной. После нее в ране могли поселиться все те же стафилококки или другие аэробы. Но шансов выжить все-таки было больше.

Сегодня против этой страшной болезни используют антибиотики и сыворотки крови привитых против гангрены животных.

Другой представитель рода клостридиев обитает в колбасе и различных консервах. Его так и называют: клостридий «колбасный» — *Clostridium botulinum* («botulus» по-латыни означает «колбаса»). Он вырабатывает сильнейший яд — ботулин. Одним граммом этого яда можно отравить 100 миллиардов белых мышей! Нужно очень немного яда, чтобы отравить человека. Такое маленькое количество даже неощутимо на вкус. Если колбаса плохо проварена и к тому же если она очень толстая, то в ней может размножиться этот опасный микроб. Почему мы обращаем внимание на то, что микробу больше нравится толстая колбаса? Как вы совершенно правильно догадались, потому что в этом случае внутрь не попадает воздух, ведь клостридии не могут жить в присутствии кислорода. Испорченные клостридиями продукты могут не отличаться на вкус от доброкачественных. Съев негодный продукт, человек получает тяжелое отравление — ботулизм.

Споры *Clostridium botulinum* можно обнаружить практически везде, достаточно внимательно исследовать образцы почвы. Мельчайшие частички почвы летают повсюду — и в колбасных цехах, и в консервных, и, конечно же, дома. Вы тут же испугаетесь: «Мама готовит на зиму много консервов — компотов, солений, маринадов. А вдруг в них попадет и размножится возбудитель ботулизма? На вкус эти консервы не будут отличаться от неиспорченных, поскольку опасного яда в них будет совсем чуть-чуть. Как бы не получить тяжелого отравления!» Поспешим вас успокоить. *Clostridium botulinum* очень не любит кислоты. А многие овощи и фрукты богаты кислотами. Если при консервировании использовали уксус (т. е. уксусную кислоту), то возбудитель ботулизма не станет развиваться в таких консервах. Но при консервировании каких-нибудь бедных кислотами продуктов будьте предельно внимательны. Мясо, рыбу, грибы и зеленый горошек не рекомендуется консервировать в домашних условиях. Во всех этих продуктах мало кислот, и поэтому в них чаще всего размножается возбудитель ботулизма. Бороться с этим можно несколькими способами. Во-первых, нужно оставлять в банках защитный слой воздуха (1—2 см

от крышки). Этого небольшого количества кислорода будет достаточно, чтобы клостридии не развивались. Во-вторых, консервы нужно достаточно долго кипятить, чтобы погибли все микроорганизмы, а не только споры клостридиев. Целесообразно несколько раз нагреть консервы. Попавшие в продукт споры, которые не удалось убить при первом нагревании, начнут расти. А растущий микроорганизм убить гораздо легче, чем покоящуюся спору. Если не все споры проросли, то можно подождать еще один день при комнатной температуре, а затем нагревать консервы вновь. И так до тех пор, пока все споры не будут уничтожены.

К счастью, сильный яд клостридиев можно обезвредить. Если вы подозреваете неладное, прокипятите консервы или прожарьте колбасу. После 15 мин кипячения яд разрушится.

А что происходит, если вы все-таки проглотили какой-нибудь продукт с ядом клостридиев? Через 6—24 ч вы непременно это почувствуете. Внезапно появится боль в животе, головная боль и тошнота. Яд *Clostridium botulinum* действует так, как и яды всех других клостридиев. Поражается нервная система, появляются судороги различных мышц. Глотательные и глазные мышцы страдают первыми: отравленный человек хуже видит, глотает и говорит. Когда же яд доберется до нервов дыхательных мышц и сердца, наступит смерть.

При первых же признаках отравления вызывайте врача. Хорошо, если осталось немножко продукта, которым вы отравились. Врач возьмет его на анализ и быстро установит, от чего произошло отравление. Это поможет назначить правильное лечение и спасти вашу жизнь.

К роду *Clostridium* относятся не только такие «ужасные» представители, как возбудители столбняка, гангрены и различных отравлений. С одним из клостридиев, куда более безопасным, вы можете встретиться в квашеной капусте. Его споры начинают расти, если в толще капусты недостаточно воздуха. Появляется неприятный привкус и запах прогорклого масла. Чаще всего это случается в больших бочках с квашеной капустой, куда почти не поступает кислород. Там-то эти клостридии находят для себя благоприятные условия обитания. Но никаких отравляющих человека веществ они не выделяют.

Так полезны клостридии или вредны? На этот вопрос ответить трудно. С одной стороны, они причиняют много неприятностей человеку. Но, с другой стороны, они способны жить в бескисло-

родных условиях, где может выжить не всякий микроб. Огромна роль клостридий как микроскопических «могильщиков» в природе. Если растительные или животные останки находятся без доступа воздуха, то кто же разрушит их? Кто вернет живым существам те «атомы жизни», которые попали в такие неблагоприятные условия? Конечно же, клостридии и другие анаэробы.

Род *Clostridium* — один из самых многочисленных в мире бактерий. Впервые с этим родом микроорганизмов столкнулся все тот же Луи Пастер. Это было в 1861 г. С тех пор ученые исследовали множество других анаэробных микроорганизмов. Один из клостридий был назван в честь великого французского бактериолога *Clostridium Pasteurianum*. Его открыл русский ученый С. Н. Виноградский. Клостридий Пастера оказался интереснейшим микроорганизмом. Дело вот в чем.

Ни один живой организм не обходится без атомов азота, которые используются для строительства жизненно важных молекул. Например, атомы азота входят в состав клеточной стенки бактерий (насколько важна клеточная стенка, вы, надеемся, не успели забыть), а также в состав белков. Быть может, вы знаете, что, если человек будет питаться одним сахаром или конфетами, его организм такой диеты не выдержит. Мы с вами обязательно должны получать с пищей белки. Точно так же и любой другой живой организм должен или получать белки с пищей, или «делать» их сам. Атомы азота входят в состав молекул, которые играют важную роль в наследственности. Благодаря особым свойствам «молекул наследственности» дети бывают похожи на родителей. Можно пока не запоминать, в состав каких именно молекул входят атомы азота. Важно понять, что атомы азота жизненно необходимы всем живым существам на Земле.

Азота в природе очень много, даже больше, чем кислорода! Например, воздух содержит молекулы азота, состоящие из двух атомов азота. Казалось бы, зачем нужно есть белковую пищу, когда азот можно брать прямо из воздуха? Для того чтобы использовать азот, нужно «разъединить» атомы азота в молекуле. Это необходимо, чтобы потом соединить их с другими атомами. Но молекула азота очень прочная: атомы «вцепились» друг в друга тремя «руками»-связями. (Вспомните, как Миша придумал «однорукие» и «двухрукие» атомы, «атомы-обезьяны».) Так вот, атомы азота — «трехрукие».

Разорвать три связи в молекуле азота очень трудно. Так что нам с вами приходится «вдыхать» и «выдыхать» молекулы азота.

никак их не используя. А жизненно необходимые атомы азота приходится принимать вместе с пищей.

Вам показалось, что мы слишком увлеклись, и рассказываем о чем-то совсем не относящемся к клостридиям? Вовсе нет. Клостридию Пастера, так же как и всем другим организмам, нужны атомы азота. Откуда же он их берет? Оказывается, прямо из воздуха! Этот микроб настолько «силен», что может разорвать все три связи в молекуле азота. После этого он использует азот по своему усмотрению: или на постройку клеточной стенки, или на производство белков, или на что-нибудь еще. *Clostridium pasteurianum* живет в почве, где его клетки могут стать добычей для других микроорганизмов, а то и просто отмереть в неблагоприятных условиях. Тогда и другим обитателям почвы достанется немножко «жизненных» атомов азота, но уже в совершенно другом виде, нежели в воздухе. Вот какой полезный клостридий, названный в честь Пастера.

Как и прочие клостридии, *Clostridium pasteurianum* является анаэробом. «Но позвольте! — скажете вы. — Вы нам рассказывали, что для клостридиев кислород — яд. Молекулы кислорода и азота входят в состав воздуха. Этот ваш клостридий берет из воздуха азот, как же он не отравляется кислородом воздуха?» Все очень просто. В почве живет много аэробных микроорганизмов. Все они используют кислород при дыхании, а азот использовать не могут. В те слои почвы, где живет *Clostridium pasteurianum*, доходит воздух, из которого аэробы успели забрать весь кислород. А азот остался. Именно его-то и использует клостридий Пастера.

Много ли на Земле организмов, которые берут азот для своей жизни прямо из воздуха? Оказывается, не очень. Все они принадлежат к прокариотам, и ни один эукариот не может использовать азот воздуха. Есть еще одно правило: если даже микроорганизм может расти в присутствии кислорода, то азот из воздуха он берет только в анаэробных условиях. Иными словами, для усвоения азота из воздуха в среде не должно быть кислорода. О некоторых таких удивительных организмах и их родичах — следующий наш рассказ.

Задача. Как вы думаете, какие нужно использовать «хитрости» при выращивании бактерий из рода *Clostridium*? Чем их выращивание должно отличаться от выращивания аэробных микроорганизмов?

§ 6. Помощники и нахлебники растений

Как поймать и размножить в пробирке микроорганизмы, способные поглощать атомы азота прямо из воздуха? Проблема эта не из легких. Неужели нужно выделить в чистую культуру тысячи видов бактерий и каждую культуру проверять — может она связывать атмосферный азот или не может? На такие кропотливые исследования ученому, возможно, потребуется целая жизнь. Нельзя ли как-нибудь попроще?

Спросим по-другому: а как поймать бактерии, способные усваивать молочный сахар? Очень просто! Надо в питательный раствор добавить только лактозу, а другие сахара не добавлять. Тогда вырастут только те бактерии, которые могут «переваривать» лактозу.

В 1889 г. уже знакомый вам ученый С. Н. Виноградский придумал такой метод. Ему нужно было найти микробов, которые перерабатывают ядовитое вещество аммиак. Виноградский взял чистую колбу, положил в нее соли, содержащие аммиак, и добавил воды. Затем бросил туда комочек почвы, в надежде, что в ней имеются нужные микроорганизмы. Держать микробы на голодном пайке не пришлось бы в голову ни одному микробиологу того времени. Считалось, что бактериям нужна обильная пища, а многие из них капризны и иногда отказываются даже от самого изысканного угощения, приготовленного в пробирке.

«В этом растворе, — рассуждал Виноградский, — вырастут только те микробы, которые используют аммиак. Другим будет попросту нечего есть». Действительно, через некоторое время в колбе появилась муть — признак размножившихся микробов. Все они могли перерабатывать аммиак. Такой метод выращивания, когда создаются благоприятные условия только для определенных видов микроорганизмов, называется *методом накопительных культур*. В «питательной» среде накапливаются преимущественно нужные нам бактерии.

Задача. Существуют бактерии, которые легко переносят нагревание даже до 70°C . Придумайте условия для накопительной культуры таких бактерий. Как вы думаете, в каких местах должны обитать эти микроорганизмы?

Теперь с такой задачей вполне может справиться даже шестиклассник, тем более с ней справился голландский микробиолог М. Бейеринк. Этот соотечественник Левенгука взял питательную

среду, в которой не было «жизненных» атомов азота. Единственным источником этих атомов был воздух. Чтобы бактерии смогли как-то питаться, Бейеринк добавил в среду немного сахара. Затем он поместил в колбу кусочек почвы и стал ждать. Через некоторое время там бурно размножились бактерии, которые умели использовать атмосферный азот. Осталось только еще раз все проверить, описать новый микроорганизм и дать ему название. Бейеринк назвал микроб *Azotobacter*. (*Azotobacter* — родовое название. Названия видов в некоторых местах мы не приводим.) Это было в 1901 г.

Азотобактер — очень полезный обитатель почвы. Он помогает накапливать азот в почве, делает его доступным для других организмов (как и клостридий Пастера). Естественно, что если в почву внести культуру *Azotobacter*, то урожай картошки или пшеницы непременно возрастет. Микробиологическая промышленность производит это «живое» удобрение — культуру почвенных «добытчиков азота». Такое удобрение лишено многих недостатков химических удобрений. Ведь азотобактер — это естественный поставщик азота, к которому растения, да и мы с вами, уже давно привыкли. С «живым» удобрением трудно «переборщить» — даже если его внесли в почву слишком много, то другие микробы почвы не дадут азотобактеру размножиться. Если же вы внесете слишком много химических азотных удобрений — ждите неприятностей. Сначала растения поглотят азотных удобрений больше, чем им это нужно. Конечно, урожай будет гораздо выше обычного, но особо радоваться не следует. Мы съедим овощи или фрукты, в которых слишком много соединений азота. Наши микроскопические «постояльцы» могут взбунтоваться и заняться устранением «азотной аварии». Все те витамины и полезные вещества, на которые мы рассчитывали, поедая растения, будут выброшены наружу. А то, чего доброго, из избыточных соединений азота наши кишечные микробы приготовят самый настоящий яд. Начнется острое отравление — следствие умеренного применения химических азотных удобрений.

Конечно, химические удобрения дешевле, чем культура *Azotobacter*, и при выращивании урожая без них пока не обойтись. Но «живое» бактериальное удобрение куда безопаснее.

Всем известны клевер, горох и фасоль. Они — родственники и принадлежат к семейству Бобовых (*Fabaceae*). Это семейство растений легко отличить от всех остальных. Если вы приглянитесь к цветкам, то увидите один большой отогнутый вверх лепесток (его

называют «парус» или «флаг»), два лепестка по бокам (их называют «весла») и еще два сросшихся лепестка, которые образуют «лодочку». В лодочке спрятаны органы размножения — тычинки и пестики (рис. 39, Л).

У растений этого семейства обнаружили очень интересную особенность. Если выкопать корни, стряхнув с них почву, то на них обычно можно увидеть многочисленные вздутия, как бы опухоли. Эти вздутия называют клубеньками. Долгое время думали, что клубеньки — это признак какой-то болезни бобовых растений (рис. 39, М). В то время уже были открыты возбудители многих болезней человека, тутового шелкопряда, кур, французского вина и пива. Ученые заинтересовались и странными маленькими опухольками на корнях растений из семейства бобовых. Выяснилось, что без бактерий такие опухоли не образуются. Бактериям дали имя *Rhizobium* — Ризобии (от греческих слов «rhiza» — корень и «bios» — уже знакомое вам по терминам «биология», «анаэроб», «микроб»). Можно перевести это как «живущие на корнях».

Издавна было замечено, что на следующий год после посадки бобовых урожай других растений увеличивается. Этому сельскохозяйственному наблюдению давно пытались дать объяснение. Кажется, одному из ученых в XIX в. удалось получить такое объяснение: бобовые растения могут связывать азот воздуха! Сначала это была просто догадка. Но затем ученый решил провести эксперименты, подтверждающие его мысль. Ученый, о котором идет речь, был очень старательным: он набрал в сосуды чисто промытый песок, прокалил его и посадил в каждый горшок бобовые растения. С той же тщательностью он проанализировал, сколько азота содержится в песке в начале опыта. Ровно столько же его оказалось и в конце. Ученый забросил свою идею о том, что бобовые растения захватывают азот из воздуха, и больше не занимался экспериментами. А зря!

В 1886—1888 гг. два его немецких коллеги принялись за эксперименты. Они исследовали растения и микроскопических обитателей их корней. Ученые взяли прокаленный песок и посеяли в него горох — растения выросли чахлыми. «Конечно, — заметите вы, — а чего же еще нужно было ждать? Растения без почвы растут очень плохо. Наверное, им не хватало каких-то веществ, удобрений». В другие горшки с таким же прокаленным песком и такими же растениями гороха добавили культуру *Rhizobium*. Каково же было изумление исследователей, когда они увидели нормально

развивающийся горох! Они решили выяснить, в чем же причина того, что зараженные и, по всей видимости, больные растения растут лучше, чем здоровые. Разгадка оказалась простой: в сосуде с бактериями за время эксперимента накопились атомы азота.

В чем же дело? Как вы совершенно правильно догадались — в бактериях. Именно бактерии, вызывающие образование клубеньков, доставляют растениям атомы азота прямо из воздуха! Оказалось, что клубеньки — это вовсе не заболевание бобовых растений. И *Rhizobium* — не паразиты, а помощники растений.

Сегодня ученые знают о многих «тайнах» бактерий, живущих на корнях бобовых растений. Вот семя бобового растения начало прорасти. Молодое растеньице еще не показалось над землей, а его корешок уже начал выделять вещества, привлекающие *Rhizobium*. Бактерии, почувствовав «вкусный запах» корешка, устремляются к нему (рис. 39, III). В том месте, где корешок покрыт тонкими нежными волосками, растение принимает своих «постояльцев». Бактерии прилипают к волоску и проникают внутрь. Волосок начинает скручиваться (рис. 39, IV). Тем временем ризобии растут в виде тонкой нити, проникая в корень растения. А оно уже знает, что клубеньковые бактерии «пожаловали в гости». Специально для них в корне подготавливается особая клетка-«квартира» (рис. 39, V). Инфекционная нить наталкивается на клетку-«квартиру», и последняя начинает делиться. Из начальной клетки-«квартиры» получается много клеток-«квартир». Инфекционная нить разветвляется, и клубеньковые бактерии их заселяют. Окружающие клетки корня тоже начинают делиться. Образуются сосуды, по которым растение подает питательные вещества для клубеньковых бактерий. *Rhizobium* внедряются в клетки хозяина и становятся совершенно не похожими на свободно живущих ризобиев. Они гораздо крупнее и имеют причудливые формы (рис. 39, VI). Затем ризобии приступают к «захвату» молекул азота из воздуха.

Интересно, что, попав в клетку растения, клубеньковые бактерии не все время захватывают азотные атомы из атмосферы. Если бобовому растению дать «досыта» азотных удобрений, то клубеньковые бактерии не станут захватывать азот для своих «хозяев». Ризобии очень тонко чувствуют состояние растения, его потребности

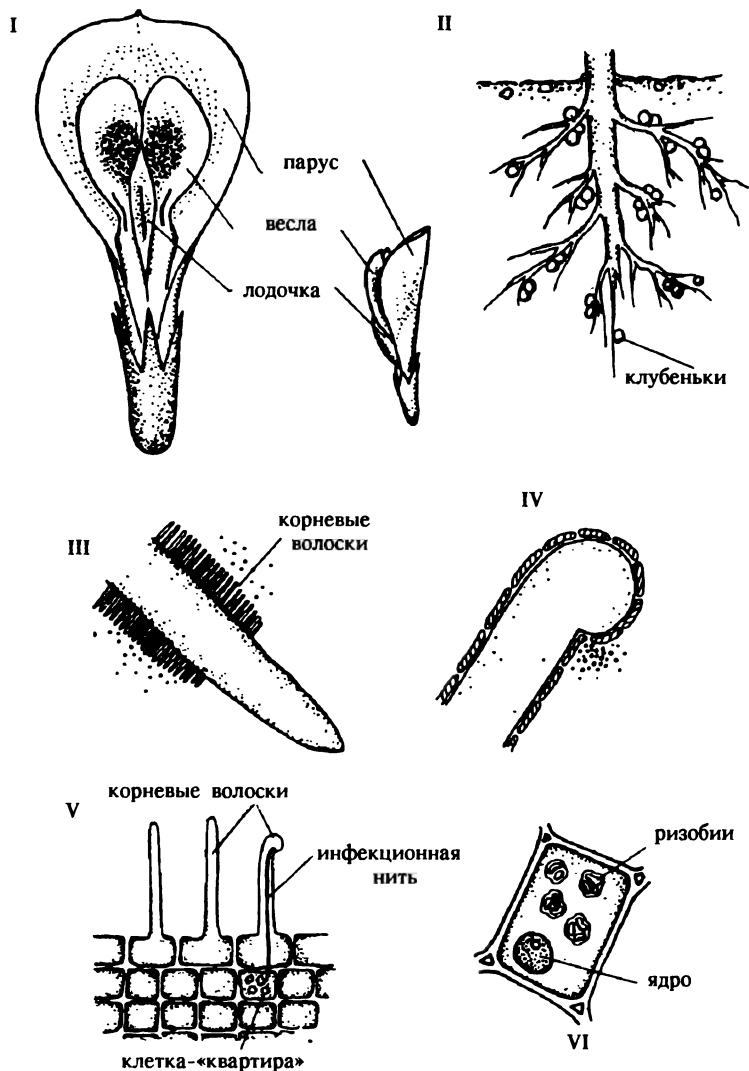


Рис. 39

I — цветок растения из семейства бобовых; II — клубеньки на корнях бобовых растений, образованные в результате инфекции ризобиями; III — к корневым волоскам «подплывают» ризобии; IV — кончик корневого волоска соприкоснулся с ризобиями и начинает изгибаться; V — ризобии образуют инфекционную нить и достигают специальной клетки-«квартиры»; VI — ризобии попадают внутрь клетки

и возможности. Например, достаточно изменить освещение, как процесс захвата атомов азота из воздуха изменится. Меньше света — значит хуже идет фотосинтез в листьях и, следовательно, клубеньковые бактерии разрывают меньше «рук»-связей в молекулах азота.

Rhizobium — аэробные бактерии. Они живут в слоях почвы, где много кислорода. Да и корни многих растений не любят, когда нечем дышать. Вы, наверное, помните, что разорвать молекулу азота можно только тогда, когда вокруг нет кислорода. Клубеньки бобовых, в которых живут ризобии, не очень велики. Кислород туда должен был бы проникать беспрепятственно.

Растения из семейства бобовых нашли оригинальный выход из этого положения. В тканях, составляющих клубенек, вырабатывается особое вещество. Одну «половинку» этого вещества изготавливает само растение, а другую — клубеньковые бактерии. Если вы разрежете клубенек, то увидите, что внутри он красный. Цвет этот несколько напоминает цвет крови. Именно это особое вещество и придает клубенькам такой цвет. Вы уже, наверное, догадались, зачем это вещество нужно — оно поглощает кислород, а молекулы азота спокойно проходят внутрь клубенька.

(Как это ни удивительно, вещество из клубеньков бобовых очень напоминает красный пигмент эритроцитов. Если вы помните, эритроциты занимаются «доставкой» кислорода в разные уголки нашего организма. Красный пигмент эритроцитов тоже способен поглощать кислород, иначе кровяные клетки не смогли бы обеспечить нас кислородом.)

Почему *Rhizobium* заражают только бобовые растения? Причина проста: кроме растений этого семейства мало какие другие могут образовывать красный пигмент, защищающий от кислорода.

Оказывается, не всякий вид из рода *Rhizobium* образует клубеньки на любых бобовых растениях. *Rhizobium phaseoli* «заражает» фасоль, *Rhizobium lupini* — люпин, а *Rhizobium japonicum* — сою. (Соя — культурное растение родом с Дальнего Востока.) Есть еще несколько видов клубеньковых бактерий, которые заражают другие виды бобовых растений.

Клубеньки образуются не только у бобовых растений. Если выкопать корни ольхи или облепихи, на них тоже обнаружатся клубеньки. Правда, бактерий из рода *Rhizobium* в этих клубеньках

мы не найдем. В них живут другие прокариоты — актиномицеты* (от греческих слов «actinos» — звезда и «muses» — гриб). Действительно, актиномицеты своим внешним видом напоминают грибы, но, конечно, не подберезовики и не мухоморы. Больше они похожи на плесневые грибы, например на уже знакомый вам пенициллин.

Обитающих на корнях древесных растений актиномицетов относят к роду *Frankia* — Франкия.

Как и *Rhizobium*, актиномицеты способны захватывать азот из воздуха. Взаимоотношения франкий с их хозяевами очень похожи на отношения бобовых растений с клубеньковыми бактериями. Даже красный пигмент, образующийся в клубеньках ольхи и облепихи, очень похож на пигмент бобовых. Словом, «захват» азотных атомов в клубеньках очень похож у разных растений, несмотря на то что клубеньки образуются разными растениями и бактериями.

Клубеньки на бобовых растениях совершенно не напрасно считали заболеванием. Дело в том, что у ризобиев есть очень неприятные близкие родственники, которые вызывают опухоли у растений. Да и сами ризобии могут из помощников растений превратиться в их нахлебников. Иногда так случается, что какие-нибудь клубеньковые бактерии «разучиваются» усваивать азот из воздуха. Получив таких «ленивых постояльцев», растение образует клубенок, кормит-поит бактерий-сожителей, а азота взамен не получает.

Родственники ризобий называются *Agrobacterium*. Они не просто нахлебники, они самые настоящие разбойники. Если ризобии «сползаются» на запах корней, то агробактерии стремятся к местам

* К актиномицетам относят не только этих необычных «добытчиков» азота из воздуха. Наиболее известны, пожалуй, стрептомицеты (*Streptomyces*). Может быть, вам приходилось сталкиваться с антибиотиком, вырабатываемым стрептомицетами, — стрептомицином. Кроме этого антибиотика стрептомицеты образуют очень много других. Например, тетрациклин — продукт жизнедеятельности *Streptomyces aureofaciens*. (Латинское слово «aurum» означает «золото». Золотистый цвет этому стрептомицету придает именно тетрациклин.) Мы упоминали еще один антибиотик — левомицетин (по-другому его называют еще синтомицин, хлорамфеникол). Это тоже подарок человечеству от стрептомицетов.

Некоторые антибиотики, вырабатываемые стрептомицетами, оказались очень ядовитыми. Пример тому — актиномицин (вы, конечно же, сразу догадались, почему он так назван). Его широко применяют в научных исследованиях, а в медицине он используется редко. Актиномицином убивают быстро делящиеся раковые клетки, но заодно он убивает и другие быстро делящиеся клетки организма. (Кстати, как вы думаете, какие клетки в нашем организме делятся особенно быстро?)

Разглядывая витрину аптеки, вспоминайте с благодарностью о необычных прокариотах, похожих на грибы. Благодаря защитным веществам актиномицетов были вылечены миллионы людей.

ранений. Растения часто получают травмы: сильный ветер ли подул и порвал один из корешков, травоядное насекомое ли прогрызло дырочку, или человек попытался выдернуть растение из земли. Ранка на растении выделяет особое пахучее вещество. На запах «крови» (разумеется, никакой крови у растений нет. А что есть вместо нее?) со всех сторон сбегается *Agrobacterium*. Мало того, что эти «бандиты» проникают в поврежденный орган растения, они заставляют свою жертву производить питательные вещества. Агробактерии ничуть не похожи на «скромных посетителей ресторана». Им подавай такие вещества, которых растение до этого делать не могло. Даже в мире микроорганизмов мало кто способен употреблять эти вещества. Ситуация несколько напоминает случай с лактозой — ее тоже могут усваивать только те, кому она предназначена.

Оказывается, в «заболевшие» клетки растения попадает «рецепт» — как готовить питательные «блюда» для наших микроскопических разбойников. Вместе с «рецептом» клетки получают особый приказ: делиться как можно быстрее. Понятно, что чем быстрее разрастается «кухня» — опухоль — на растении, тем больше пищи получают бактерии-паразиты. И «рецепт», и «приказ» записаны особым образом на молекулах наследственности. Эти молекулы есть в каждой клетке. Таким образом, даже если убить непрошенных гостей, рост клеток и производство диковинной пищи для агробактерий не прекратятся, ведь молекулы с «приказом» и «рецептом» попали в растительные клетки, а «вытащить» их из клеток совершенно невозможно. Образуются опухоли, которые вылечить нельзя. Поскольку агробактерии обитают в почве, опухоли чаще всего образуются на тех частях растения, которые ближе к земле.

«Раз *Agrobacterium* — близкие родственники клубеньковых бактерий, то они, наверное, должны вызывать болезни только у бобовых растений», — подумаете вы. На самом деле агробактерии поражают не только бобовые. Такие разные растения, как виноград, табак, капуста, морковь и многие другие, тоже могут «заболеть». Но есть и такие растения, которым агробактерии не страшны. Это пшеница, рожь, ячмень, тюльпаны. Оказалось, что все «защищенные» растения при ранении не выделяют того «вкусного запаха», который так привлекателен для агробактерий. А без этого заболевание невозможно.

Ученые уже научились изменять текст «приказа» и «рецепта». Теперь можно приказать растению делать не только пищу для агробактерий, но и какие-нибудь другие вещества. Сегодня биологи

любят работать с агробактериями, которые превратились в очень удобный инструмент управления жизнью растительных клеток. И конечно же, ученым остается только сожалеть, что не все растения поражаются агробактериями. Это означает, что не всем растениям можно «отдавать приказы». А может быть, это и к лучшему?

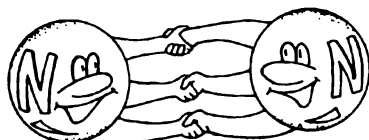
§ 7. «Судьба» азота

Только что мы рассказали вам о том, как вредно применять в избытке азотные удобрения. «Так что же, — спросите вы, — нужно сидеть и ждать, пока растения не «выкачают» из почвы все излишки азота? А до тех пор не собирать урожай?» Вовсе нет. На борьбу с излишками азота бросятся многочисленные микробы почвы.

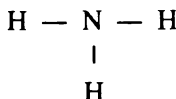
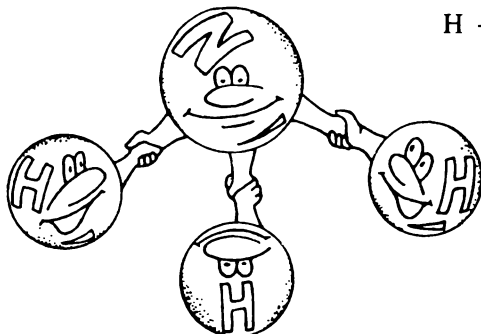
Однако, чтобы понять процессы, которые при этом происходят, нужно хотя бы немножко знать химию.



Молекула азота воздуха вам уже более или менее знакома. Два атома «взялись» друг за друга тремя «руками»-связями (сокращенно — N_2).

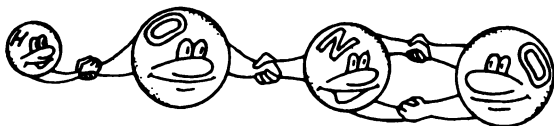


Но атом азота может ухватить три атома водорода, тогда получится аммиак (сокращенно — NH_3).



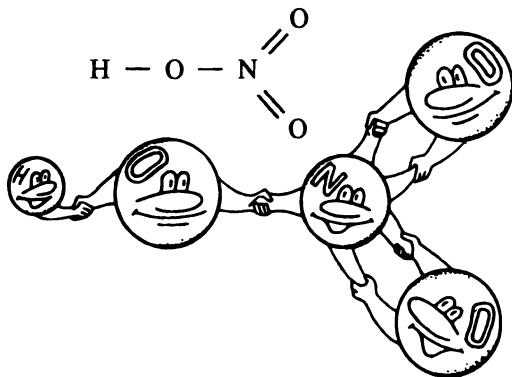
Аммиак — ядовитое для многих животных соединение. Как только он образуется в организме, организм тут же старается его обезвредить или выбросить наружу. Аммиак — это источник азота для растений. Растения «делают» из аммиака белки, молекулы наследственности и всякую всячину, например кофеин — вещество, придающее кофе его бодрящие свойства. *Rhizobium* и *Azotobacter* снабжают растения аммиаком и его «производными».

Следующая молекула, содержащая атом азота (но теперь он взялся «руками» за атомы кислорода), — это азотистая кислота (сокращенно — HNO_2).



Азотистая кислота вредна для нашего организма. Она связывается с красным пигментом эритроцитов и не дает им переносить кислород из легких во все клетки организма. Соединения азотистой кислоты называют нитритами.

И последняя молекула с атомом азота — азотная кислота (сокращенно — HNO_3).



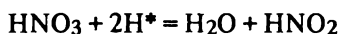
Вы, наверное, сразу же обратили внимание, что у атома азота на рисунке не три «руки»-связи, как вы привыкли видеть, а целых пять! Интересно бы узнать, почему? Спросите у учителя химии.

Соединения азотной кислоты называются нитратами или селитрами. Селитры — прекрасные удобрения для многих растений. Они легко усваиваются, и из них растения производят все те же соединения азота, которые они делают из аммиака. Но если в почве слишком много селитры, то урожай может оказаться отравленным.

Вот пока и все необходимые знания из химии. А теперь к делу. Что же происходит с «лишними» удобрениями.

В 1882 г. научный мир микробиологов был серьезно встревожен. Были открыты бактерии, способные превращать нитраты и нитриты в газообразный азот. «Чего тревожиться, — скажете вы, — ведь есть всякие разнообразные ризобии, клостридий Пастера, азотобактер. Они снова поймают азот из воздуха!» Но не забывайте, что в 1882 г. об этих микроорганизмах ничего не знали. До того, как откроют связывание атмосферного азота ризобиями, пройдет еще четыре года, а об *Azotobacter* ученые узнают лишь через 19 лет! В 1882 г. потеря азота из почвы представлялась страшным бедствием: бактерии переведут все нитраты и нитриты в газообразный азот, и почвы станут бесплодными!

Самый первый этап обеднения почвы азотом — превращение нитратов в нитриты



В ходе этого превращения от нитрата отрывается атом кислорода. Как вы думаете, куда? Оказывается, если аэробную бактерию поместить в бескислородные условия, она постарается откуда-нибудь «урвать» кислород для дыхания. Этот кислород она может оторвать от азотной кислоты, тогда азотная кислота превратится в азотистую. Такой процесс называют нитратным дыханием. Дышать нитратами могут почти все аэробные микроорганизмы. Если в наш кишечник попадут нитраты, то от этих соединений начнут отрывать кислород кишечная палочка и другие аэробные микробы. Стоит внести селитру в заболоченную почву, как микроорганизмы набросятся на нее и превратят в нитриты.

Но вот превратить нитриты в газообразный азот могут не всякие организмы.

* Эти атомы водорода находятся в тех сложных молекулах, с помощью которых бактерии отнимают у соединений азота кислород. Мы решили не писать формулы этих молекул полностью.

Опять-таки у азотистой кислоты отбираются атомы кислорода. Значит, процесс идет в бескислородных условиях. Процесс улетучивания азота из почвы получил название *денитрификации* («де» — приставка, означающая удаление). В названиях микробов ученые постарались отразить эту способность обеднять почву нитратами: *Thiobacillus denitrificans*, *Paracoccus denitrificans*. Предотвращать потерю азота можно довольно просто. Нужно рыхлить почву, тогда в ней всегда будет много кислорода. А раз вокруг много кислорода, ни одной бактерии не вздумается отрывать кислород от нитратов и нитритов. На затопляемых почвах, например на рисовых полях, лучше для удобрения вместо селитры применять соединения аммиака — уж от них-то кислород точно не оторвешь! Как вы думаете, почему?

Теперь вы уже знаете, как азот может путешествовать. Сначала он находится в почве в виде нитратов (селитры). Потом бактерии и растения превращают его в нитрит. Микробы-денитрификаторы «выпускают» азот из нитрита в атмосферу, а «ловят» и делают из газообразного азота аммиак азотфиксаторы (ризобии, актиномицеты и пр.). Остается выяснить только два вопроса: куда девается аммиак и откуда берется селитра? Перед тем как дать на них ответы, зададим вам еще один несколько неожиданный вопрос.



Как вы думаете, от чего зависела военная мощь государства во время войн Наполеона Бонапарта? «Ну, наверное, от количества пороха в пороховых погребах», — ответите вы. Правильно. (Кстати, когда изобрели порох? Кто такой был Наполеон? Обязательно узнайте об этом у учителя истории.) А из чего делали порох? Из угля, серы и калийной селитры. С углем и серой никаких проблем не было, а вот с калийной селитрой...

Делали селитру так: складывали в большую кучу коровий и овечий навоз (в нем много азотных соединений), пересыпали его древесной золой (в ней много калия) и часто перемешивали, чтобы насытить воздухом, в котором много кислорода. И как-то «само собой» получалось, что в куче накапливалась селитра. Селитру растворяли водой, а потом воду выпаривали.



Как видите, количество пороха зависело от поголовья скота и от количества навоза. Затеяв войну, Наполеон не рассчитал, что навоза окажется недостаточно. А нельзя ли научиться «ловить» азот для селитры прямо из воздуха? Химики успешно решили эту задачу только во время первой мировой войны, и с тех пор человечество умеет связывать азот из воздуха и получать разные полезные соединения азота. (Каким способом химики «улавливают» азот из воздуха? Узнайте у учителя химии.)

Процесс получения селитры был известен давно. Однако разобравшись, что именно происходит при превращении навоза в селитру, удалось только Сергею Николаевичу Виноградскому в 1889 г. Вы помните, что мы рассказывали о методе накопительных культур в предыдущем параграфе? Именно исчезновение аммиака — этого вредного продукта жизнедеятельности организмов — является начальным этапом получения селитры. В навозе аммиака очень много.

Аммиак соединяют с кислородом воздуха особые бактерии, очень мелкие и очень капризные. Они не любят избытка органических веществ и медленно растут на «голодном пайке» из аммиака, минеральных солей, углекислого газа и кислорода. Как мы уже говорили, в те времена все микробиологи думали, что на такой среде ничего не вырастет. А Виноградский решил, что непременно вырастет, только это будут определенные микробы. И действительно, в колбе появилась какая-то муть, оказалось, что это бактерии. Сначала эти бактерии называли селитрянными. Думали, что селитряные бактерии сразу же превращают аммиак в селитру. Но, как выяснилось, превращение происходит в два этапа: сначала из аммиака получают соли азотистой кислоты, а только потом из солей азотистой кислоты получается селитра. В отличие от денитрификации (процесс обеднения почв азотом) пополнение запасов нитратов (селитры) называется *нитрификацией*. Нитрификацию осуществляют две группы бактерий: нитрозобактерии (*Nitrosomonas*) и нитробактерии (*Nitrobacter*). Эти бактерии всегда живут в сообществе: ведь одна группа поставляет другой соединения азота как по конвейеру. Обе группы селитряных бактерий относят к семейству *Nitrobacteriaceae*.

Виноградскому удалось изучить многих нитрозобактерий. Сначала из сточных вод он «выудил» *Nitrosomonas europaea* (нитрозо-

монаду европейскую). Во французском местечке Бри Сергей Николаевич обнаружил винтообразно закрученных микробов, занимающихся производством нитритов из аммиака. Новый микроорганизм Виноградский назвал *Nitrosospira briensis* (нитрозоспира из Бри). Потом эта же бактерия была обнаружена в других, необычных местах.



Дело в том, что ученые-микробиологи любят путешествовать. Но они ни на минуту не забывают о своей профессии. «Вы едете в Грецию? Будете в Афинах? На Крите? Привезите для меня несколько пробирочек с греческой землей». И вот на ступенях знаменитого Парфенона (кстати, что такое Парфенон? Чем он знаменит? Спросите у учителя истории) какой-то чудаковатый иностранец собирает в пробирочку комочки земли. Не удивляйтесь, он всего-навсего ученый. Ему нужны не только сокровища греческой культуры, но и его милые микробы, которых он бережно увезет с собой в саквояже. А потом весь мир узнает, что и в почве из Бри, и на вершинах гор в Швейцарии, и на Крите, и вблизи храма Парфенон обитает все та же самая *Nitrosospira briensis*.

Обнаружились нитрозобактерии и в морской воде. Превращениями аммиака там занимались мелкие шарики — *Nitrosococcus oceanus*.

Нитробактерии превращают нитриты в нитраты. Отдавая дань уважения трудам Виноградского, в его честь назвали один из наиболее широко распространенных видов: *Nitrobacter Winogradskyi*. Нитробактерии встречаются в тех же самых местах, что и нитрозобактерии. Они есть везде.

И не важно, что в Афинах переработкой аммиака в селитру занимаются штопорообразные бактерии, а в волнах Тихого океана — мельчайшие живые шарики. Важно, что нигде аммиак не остается без присмотра. Ведь если его накопится слишком много, то могут погибнуть рыбы или почвенные обитатели, для которых аммиак — яд. Важно, что в любом уголке нашей планеты бактерии пополняют убывающий запас селитры. Растениям будет откуда взять азот.

Таким образом, цикл замкнулся: азот попадает в растения, включается в белки и другие молекулы, животные поедают растения, выделяют аммиак в почву. Растения отмирают, аммиак вы-

свобождается при процессе гниения. Аммиак подхватывают селитряные бактерии и, присоединяя кислород, образуют сначала нитриты, а потом нитраты. Дальнейшую судьбу азота вы уже знаете.

Задания. 1. Изобразите круговорот азота на лугу. Укажите, в каком виде получают азот различные организмы и в каком виде они его отдают. Обязательно изобразите процессы фиксации атмосферного азота, нитрификации, нитратного дыхания и денитрификации.

2. Придумайте сказку для младшего брата (сестры, племянника) под названием «Как я был атомом азота».

Селитра в почве долго не залеживается: ее либо смывает в ручеек или речку, или поглотят растения, либо разложат денитрификаторы. Но на Земле есть такие необычные районы, где селитра накапливается. Во-первых, там должно быть сухо, чтобы вода не могла растворить селитру и унести. Во-вторых, там должны накапливаться органические останки, чтобы был аммиак. В-третьих, там должно быть много кислорода, чтобы селитру не «украли» денитрификаторы. В-четвертых, там не должно быть пышной растительности — тоже понятно, почему. Вот в таких районах и возникают месторождения селитры.

В пещерах Средней Азии днем прячутся десятки тысяч летучих мышей. Каждый день они откладывают в пещере помет. Помет гниет, высвобождается аммиак, и его тут же перерабатывают в селитру *Nitrobacteriaceae*. Примерно таким путем в природе создаются месторождения селитры.

Одна из наиболее богатых селитряными месторождениями стран — Чили. После их разведки чилийскую селитру пытались применить для производства пороха (помните Наполеона?). Вы думаете, что Чили стала сильнейшей военной державой? Ничуть не бывало. В Чили залегают не калийная, а натриевая селитра. Порох с такой селитрой быстро отсыревает и отказывается взрываться. Так что пришлось чилийскую селитру продавать в разные страны в мирных целях — как удобрение для полей. А создали гигантские запасы этих удобрений все те же бактерии.

Иногда *Nitrobacteriaceae* играют неблагоприятную роль. Например, они улавливают аммиак из афинского воздуха и превращают его в азотистую и азотную кислоты. А эти кислоты растворяют мрамор, из которого сделаны многие скульптуры и греческие храмы. Кроме

того, нитрифицирующие бактерии постепенно разрушают бетонные сооружения, разъедая их все теми же кислотами.

Однако не стоит преувеличивать вред от селитряных бактерий. В последнее время гораздо больше кислот выбрасывают в воздух Афин и других городов промышленные предприятия и автомобили. В выхлопах машин содержатся не только азотная и азотистая кислоты, но и серная, сернистая. Этих кислот попадает на мраморные статуи и бетонные мосты гораздо больше, чем могут произвести скромные селитряные бактерии. Так что если у вас спросят: «От чего скорее разрушится Парфенон Афинский — от автомобилей или от нитрифицирующих бактерий?» — вы знаете, что ответить.

§ 8. Про корову, болота и городской мусор

Мальчишкам и девчонкам в Древнем Риме рассказывали такую басню. Как-то раз увидел Волк пасущуюся на горной круче Козу и говорит ей: «Что ты пасешься, Коза, среди камней, где травы почти нет? Сойди вниз, на мягкий луг, где много сочных зеленых стеблей!» Коза, распознав волчье коварство, отвечает: «Уж лучше иметь голодную утробу, чем насытить ее ценою жизни». Волк остался ни с чем.

Конечно, не все крупные травоядные животные могут найти безопасное пастбище, как коза из древнеримской басни. Попробуем понаблюдать, как кормится на лугу, например, корова. Быстрыми движениями она срывает траву и, почти не пережевывая, отправляет ее внутрь. Корова словно торопится: вдруг где-то в кустах притаился волк и наблюдает за ней? Насытившись, корова выбирает место поудобнее и начинает что-то жевать. За привычку что-то пережевывать корову и ее близких родичей называют жвачными животными. Коза — это тоже жвачное животное.



Кроме козы к жвачным относят оленей, лосей, бизонов, зубров, различных антилоп. (Кстати, где живут антилопы? Кто их может подстергать из-за кустов? Узнайте об этом у учителя географии.)

Что же жуют жвачные? Оказывается, ту траву, которую они не успели пережевать на открытой лужайке (рис. 40). В организме коровы есть большой мешок для плохо прожеванной травы. Он

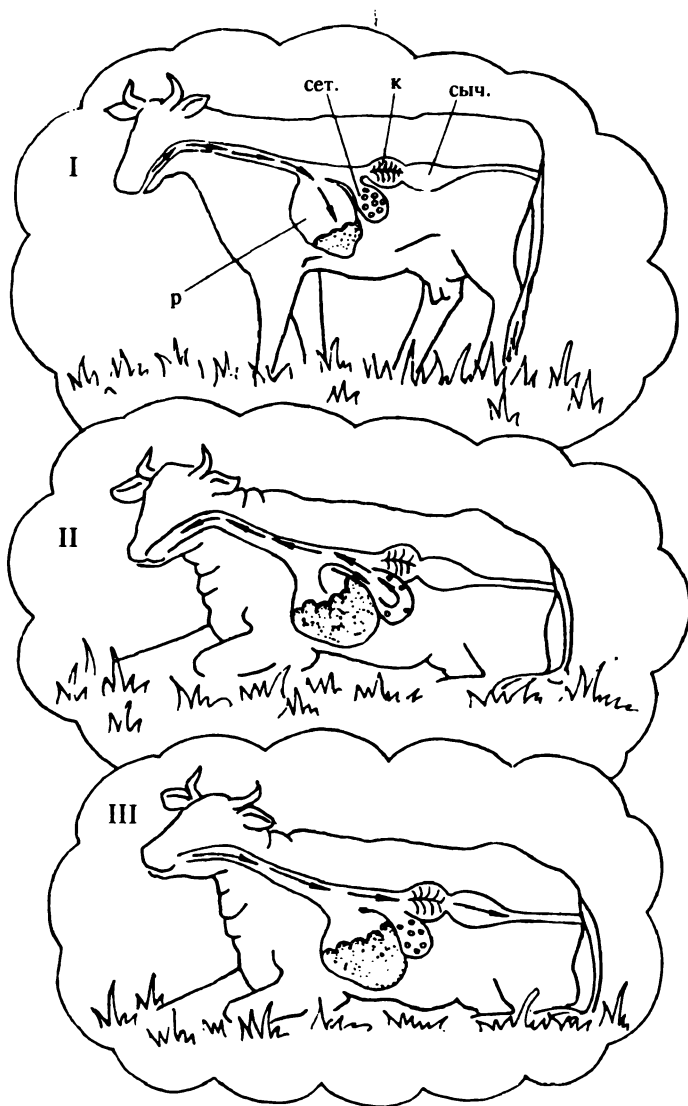


Рис. 40. Пищеварение у коровы:

I — корова глотает плохо пережеванную траву. Траву попадает в рубец; II — из рубца пища попадает в сетку. Сетка «сортирует» крупные и мелкие кусочки. Крупные куски отправляются в рот для дожевывания; III — вторично пережеванная трава проходит через книжку и сычуг; р — рубец, сет. — сетка, к — книжка, сыч. — сычуг

называется рубцом. Из рубца трава попадает на устроенную особым образом сетку. Только мелкие частички через отверстия сетки проходят в следующие отделы пищеварительной системы — так называемую книжку, в которой действительно много «страниц» — боковых плоских выростов, и сычуг. Только в сычуге на пищевые частицы действует желудочный сок, который сходен с желудочным соком человека. А что происходит с теми крупными кусками, которые сетка не пропустила? Они-то и отправляются обратно в рот, чтобы корова их окончательно дожевала. Только после повторной обработки пища сможет пройти через сетку и перевариться.

Питается корова сеном или травой. Вы наверняка задумывались: «Как можно есть такую невкусную пищу? Да, если бы мы попытались поесть сена, оно бы не переварилось!» Основное вещество, из которого состоит сено, — клетчатка. Из клетчатки (по-латыни — целлюлозы) состоят клеточные стенки у растений. Чтобы вы представили себе, что такое клетчатка, сообщим, что хлопковая вата — почти чистая клетчатка. Очень много клетчатки в опилках, древесине, бумаге, льняном полотенце, джутовом канате, которым крепят корабли к пристани, и во многих, многих других вещах. Человек клетчатку не переваривает. Да и корова не смогла бы этого сделать, если бы не бактерии.

Внутри коровы, как и у других жвачных, обитает уникальное сообщество микроорганизмов, сильно влияющих на разные стороны жизни коровьего организма. Это сообщество находится в рубце, куда корова складывает плохо пережеванную траву. Поскольку весь рубец буквально «залит» слюной, воздуха в нем почти нет и преобладают анаэробные микроорганизмы. Переваривают целлюлозу несколько видов бактерий, среди них бактерии знакомого вам рода *Clostridium*. Это *Clostridium cellobioparum*. Часть продуктов разложения целлюлозы бактерии отдают своей «рогатой хозяйке». Эти съедобные «молекулы-кусочки» всасываются тут же, в рубце. Но и та часть, которую удалось «утайти», тоже используется коровой. Ведь и сами бактерии через сетку и книжку пройдут в сычуг и там переварятся.

Надеемся, что вы не забыли, насколько важны для любого организма атомы азота. К сожалению, молекулы, содержащие азот, не вечны. Они могут «поломаться», и тогда организм стремится выбросить ядовитые осколки. Осколки выводятся вместе с мочой, где их впервые обнаружили химики. Названия говорят сами за

себя: мочевина, мочева́я кислота, а некоторые организмы выводят вредные азотные продукты в виде аммиака.

Коровы умеют экономить даже на азотных отходах! Мочевина накапливается в печени коровы, а оттуда поступает в слюнные железы и вместе со слюной — в рубец. А микроорганизмам только того и надо. Бактерии умеют делать из мочевины полноценное питание для коров — белки. Так атомы азота и путешествуют по организму коровы: сначала попадают внутрь бактерий, их переваривает корова, молекулы «ломаются» и превращаются в мочевину, мочевина выделяется со слюной, и атомы азота вновь достаются бактериям.

Конечно, если с пищей поступает много азотных соединений, то мочевина будет выводиться не через печень и слюнные железы, а через почки, т.е. с мочой, как и у всех остальных животных.

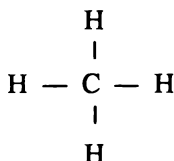
? Как вы думаете, какими растениями должна питаться корова, чтобы в ее рационе было больше соединений азота?

Еще одна интересная особенность жвачных животных — это их твердый жир. Вы, наверное, несколько удивитесь: «Говяжий жир всегда твердый, чего же в этом особенного?» Оказывается, организм животного не может сам производить многие жирные кислоты (важные части молекул жиров). Животные берут их от растений. А растительные жиры, например подсолнечное или оливковое масло, представляют собой жидкости. Жир животных, питающихся растениями, должен быть таким же жидким.

Но коровы питаются не растениями, а бактериями. Бактерии рубца могут превращать жидкие жиры в твердые. Для этого достаточно присоединить к молекулам жира несколько атомов водорода. Корова съест эти бактерии, и говяжий жир станет твердым. А когда мы съедем кусок говядины, то тоже получим порцию твердых жиров. Твердые жиры не полезны для человеческого организма, особенно в преклонном возрасте. То, что они накопятся и испортят фигуру, — это еще полбеды. Гораздо хуже, что они откладываются на кровеносных сосудах. Твердый жир делает их более жесткими, более хрупкими, сосудам становится труднее управлять давлением и потоком крови в нашем организме. Куда полезнее растительное масло!

Как видите, в рубце у коровы много бактерий-умельцев. Они могут и клетчатку переварить, и азотом корову подкормить, и

растительный жир переработать. Есть среди коровьих «постояльцев» и совсем необычные. Они зачем-то вырабатывают метан (CH₄):



Ежедневно в рубце у коровы вырабатывается до 270 л этого горючего газа! Бактерии, производящие этот газ, так и называются *Methanobacterium ruminantium* (Метанобактерии рубцовые).

Так что корова — это не только живая «фабрика» мяса и молока, но и целый «химический завод» по производству метана.

А теперь из зеленых лугов с сочной травой перенесемся на болота. Болота бывают разные: сплошь покрытые ковром мхов с клюквой, голубикой и черникой или же трясины, поросшие осокой. Ходить по болоту страшновато: едва ступишь на влажный растительный ковер, под ним что-то начинает хлюпать, вздыхать и стонать. Если вы отправились на болото ночью, то жутковатое впечатление еще более усилится.

Мало кому звуки потревоженного болота напомнят сытое урчание в животе коровы. Между тем и тут и там «работает» один и тот же газ — метан. Его еще называют болотным газом. Ступая по болоту, вы освобождаете метан, скопившийся под растениями. Этот газ со всхлипами и вздохами вырывается из плена. И в организме коровы, и на болоте активно работают метанобактерии. Множество отмерших остатков растений погружается в толщу воды и оказывается в бескислородных условиях. Как тут ни развернуться анаэробным метанобактериям! На дне прудов и озер накапливается ил, в котором тоже разводятся метанобактерии. Они перерабатывают донные осадки и производят болотный газ.]

А вот еще одно необычное место обитания *Methanobacteriaceae*.

Во многих странах люди живут в городах. Каждый человек производит небольшое количество отходов: картофельные очистки, яблочные огрызки, бумажки, стоптанные туфли, словом, то, что выбрасывают в мусоропровод. Когда людей очень много, отходов тоже получается очень много. Проблема, куда эти отходы девать, возникла достаточно давно. Например, до широкого внедрения автомобилей городские власти Лондона подсчитывали, за какое время

все улицы будут покрыты слоем конского навоза. Мусор сначала просто вывозили на пустыри. Но потом его стало очень много, и тогда выбрали для свалок определенные (специально отведенные) места, а мусор стали спрессовывать, например, бульдозером (чтобы его больше поместилось на свалке). Через некоторое время такие свалки мусора стали взрываться. Начали искать причину этого неприятного явления и обнаружили, что виноваты все те же метанобактерии! А взрывается болотный газ — метан.

? Как вы думаете, почему свалки не взрывались до того, как мусор стали спрессовывать?

Сегодня в Европе, США, Японии все городские свалки специально оборудованы. Там есть аппаратура, которая измеряет содержание метана. Ему не дают взрываться. В некоторых местах метан специально собирают и сжигают в газовых плитах, на электростанциях и т. п. Газ со свалок называют «биогазом». А в Индии для получения «биогаза» используют коровий навоз — в нем достаточно «корма» для метанобактерий.

Иногда в природе различные остатки растений и животных попадают в бескислородные условия. Например, болото может покрыться мощным слоем глины, ила. Метанобактерии продолжают свою работу. И когда под этим толстым слоем накопится много метана, образуется месторождение природного газа. (Попутно другие микроорганизмы могут «доразложить» остатки растений и животных. Тогда получится нефть.) Все месторождения природного газа — это результат деятельности метанобактерий.

Любуясь голубыми язычками пламени на вашей газовой плите, вспоминайте о мельчайших тружениках, которые сделали для вас природный газ.

Дополнительный материал

1. Сергей Николаевич Виноградский

Обычно имена благодетелей человечества, победивших неизлечимые болезни, потомки обычно помнят хорошо. Фамилии Пастера и Коха стали известны во всей Европе. Это были великие врачи, на которых надеялись, от них ждали избавления от недугов, платили



Сергей Николаевич Виноградский

любые деньги и преодолевали большие расстояния, чтобы только попасть к ним на прием.

Имена тружеников науки, которые связали свою жизнь не с болезнетворными, а с какими-то другими микроорганизмами, знают мало. Таким ученым, сделавшим много открытий, был Сергей Николаевич Виноградский.

Он родился в 1856 г. в Киеве. Отец его был человеком состоятельным, поэтому С. Н. Виноградскому не приходилось зарабатывать на жизнь. По окончании гимназии Виноградский поступил в Киевский университет, но вскоре бросил его и поехал в Петербург поступать в... консерваторию. В консерватории Виноградский учился очень прилежно и думал стать пианистом-исполнителем. (Конечно, без музыкального образования, о котором позаботилась мать Сергея Николаевича в детстве, ни о какой консерватории речи и быть не могло.) Виноградский очень любил музыку, но через год оставил консерваторию и стал студентом естественного отделения Петербургского университета.

Лекции в университете читали тогда великие ученые, о которых вы еще много раз услышите: Менделеев, Бутлеров, Докучаев,

Фаминцын, Сеченов и многие другие. Надо ли говорить, что Виноградский учился в университете с большим интересом?

Но после окончания университета его ждала военная служба. Через несколько лет Виноградский получил звание унтер-офицера и вновь вернулся в университет — «для подготовки к профессорскому званию». Однако вскоре Сергей Николаевич решил продолжить свое образование за границей. Ему посоветовали отправиться в Германию, в лабораторию Де Бари.

Нужно вам сказать, что в прошлом веке российская молодежь часто получала образование за границей. Это укрепляло связи между учеными разных стран. Кроме того, считалось, что молодым людям полезно посмотреть на быт и нравы других народов, научиться в совершенстве владеть иностранными языками. В свое время в Германию ездил и Илья Ильич Мечников, правда, без особого успеха. Сергей Николаевич был несколько удачливее.

Де Бари дал Виноградскому задание — наблюдать за ростом и развитием каких-то непонятных нитчатых существ. Они обитали, прикрепившись к камушкам, в сероводородном источнике. Виноградский аккуратно доливал им воды из источника и рассматривал их в микроскоп с огромным терпением. За некоторыми культурами он наблюдал по 100 суток!

У этих существ проявлялась странная особенность. В их клетках были видны комочки серы. «Зачем им так много серы?» — удивлялся Де Бари. «Зачем?» — думал и Виноградский. И тут он вспомнил, что очень похожие комочки можно видеть в клетках водорослей. Но у водорослей эти комочки состоят из крахмала. А крахмал нужен как запас питательных веществ. А что, если и сера нужна...

Нет, вряд ли такой уравновешенный человек, как Сергей Николаевич, бегом бросился в лабораторию и стал торопливо проверять свое предположение. Он спокойно продумал серию опытов, позволяющих проверить, не является ли сера запасным питательным веществом. Допустим, сера — и впрямь запас пищи, значит, если эти ниточки посадить на «голодный паек», сера исчезнет из клеток (ее съедят, используют). А если сера нужна для чего-то совсем другого, то она и в голодных условиях никуда не денется.

Опыты подтвердили, что предположение Виноградского верное: сера действительно запасное вещество. Это было первое крупное открытие Виноградского. А странных нитчатых существ впоследствии называли серными бактериями.

Де Бари умер, и Сергею Николаевичу пришлось перебраться в другую лабораторию в Цюрихе. В этом городе он стремился овладеть знаниями по химии, которых ему так не хватало. Не бросил он и свои любимые бактерии. Именно здесь он открыл *нитрификаторов*. В колбу с этими бактериями он не добавил никаких питательных веществ: только соединения аммиака, некоторые другие соли и воду. Микроорганизмы могли самостоятельно производить все необходимые вещества из углекислого газа воздуха и минеральных солей. Зеленые растения тоже могут производить все вещества из углекислоты и минеральных солей. Но для этого растениям нужен свет (энергия). Без этого растение не может жить. А что же нужно нитрификаторам? Откуда они получают энергию для жизни? Вот как об этом писал сам Виноградский: «...возбудитель нитрификации представляется мне обладающим примечательными свойствами, позволяющими рассматривать его как новый в науке физиологический тип. Свойства эти сводятся к следующему: 1) развитие в чисто минеральной среде в присутствии неорганического вещества, способного окисляться; 2) вся жизнедеятельность теснейшим образом связана с наличием этого вещества, каким в случае нитрификации является аммиак; 3) окисление этого вещества является единственным источником энергии; 4) отсутствие потребности в органическом питании как в источнике пластического материала и энергии; 5) неспособность разлагать органические вещества, их присутствие лишь тормозит развитие организмов; 6) единственным источником углерода является ассимиляция углекислого газа».

«Ну и сложно же пишут ученые!» — подумаете вы. К сожалению, никуда не денешься — Виноградский писал не для школьного учебника, а для таких же ученых, как он сам. Он даже новое слово специально придумал: *хемосинтез*. Попробуем изложить мысль С. Н. Виноградского короче и понятнее.

Для жизни любого организма нужна энергия. Это может быть энергия лучей солнца, ее используют растения. Но можно использовать и другие источники энергии, например «сжигаемую» в организме органическую пищу. Так поступают животные, грибы, многие бактерии. Можно сжигать и совсем необычные минеральные вещества: аммиак, серу и даже железо! При этом тоже выделяется энергия. За счет этой энергии живут микроорганизмы, названные *хемосинтетиками*. А процесс образования новых органических ве-

ществ из углекислого газа за счет сжигания аммиака, серы и других минеральных веществ называется *хемосинтезом*.

Такое замечательное открытие стало сразу же известно всем микробиологам, и многие из них открыли новых хемосинтетиков.

Если вы помните, Виноградский придумал накопительные культуры. Этот метод позволял выращивать микробов с заданными свойствами. До Виноградского считалось, что все микробы должны одинаково хорошо расти на мясном бульоне. Если микроб капризничал, пытались подобрать более питательную среду. Микробиологи всего мира искали рецепт «универсальной» среды, которая подойдет для любого микроба.

Каково же было их удивление, когда Виноградский не стал использовать традиционный мясной бульон. «Вам нужны бактерии, «сжигающие» железо? — говорил Виноградский. — Положите в колбу немного соединений железа, минеральных солей, воды и крупинку почвы. Обязательно что-нибудь вырастет. Это и будет искомая бактерия. Ведь другие-то не смогут вырасти в таких условиях!» Метод накопительных культур прижился в микробиологии, и без этого метода невозможно представить современную науку точно так же, как без метода Р. Коха.

Жил в те же самые времена в России принц Ольденбургский. У него было много денег, и он мечтал потратить их с пользой для нашего отечества, а заодно и прославиться. Принц долго думал, и придумал создать Институт экспериментальной медицины. Но для института был нужен директор. Сначала послали запрос в Париж Илье Ильичу Мечникову. Мечников, конечно, очень обрадовался, что его приглашают директором института на Родину. Однако, подумав, рассудил, что лет ему уже много, да и жить и работать в Париже он уже привык. И Илья Ильич отказался.

Тогда принц Ольденбургский пригласил заведовать институтом Виноградского. В те времена России угрожала эпидемия чумы, и Виноградский по долгу службы организовал борьбу с этой страшной болезнью. Он поехал в Париж повидаться с Йерсеном, привез оттуда культуру чумных палочек (*Yersenia pestis*). Хотя Виноградский гораздо больше любил почвенных микробов, он учился сам и учил других работать с чумной палочкой.

Много полезного для России сделал Виноградский на посту директора института. И самое главное — он вырастил целое поколение русских микробиологов очень высокой квалификации. Таким специалистам многие задачи были по плечу.

Но работать директором Сергею Николаевичу не нравилось, и он отказался от руководства Институтом экспериментальной медицины. К тому времени у Виноградского осталось от отца имение с несколькими сахарными заводами. Так что Сергей Николаевич спокойно занялся личной жизнью. Наверное, как и в юности, он вновь увлекся фортепианной музыкой.

В 1917 г. имение Виноградского оказалось на оккупированной немцами территории, и жить стало не на что. «Отставной профессор» был вынужден зарабатывать на хлеб. Сначала он поехал в Югославию, а затем перебрался в Париж, в Пастеровский институт. Это знаменитое научное учреждение в те времена бедствовало. Все, что оно могло предоставить великому русскому ученому, — небольшое заброшенное имение в местечке Бри-Конт-Робер (помните нитрозоспиру из Бри?). Но даже помощника ему не смогли выделить — у Пастеровского института было слишком мало денег.

В то время Сергею Николаевичу было уже 70 лет. В течение 15 последних лет он не занимался научной деятельностью! И русский профессор вновь учился, совсем как студент, готовить среды для микробов, держать в руках микробиологическую петлю (инструмент, с помощью которого пересаживают бактерии), пользоваться горелкой. Но вскоре Виноградский вернулся к активной работе над своими любимыми бактериями почвы. Эту работу прервала только немецкая оккупация во время второй мировой войны. Но и тогда он не сидел сложа руки. В 1945 г. напечатали его книгу — «Микробиология почвы». Это был отчет о научной деятельности за всю жизнь.

Умер Сергей Николаевич Виноградский в 1953 г. в Париже, когда ему было 96 лет.

2. Оазисы на дне океана

Кто из вас не хотел в детстве стать водолазом? Это ведь так интересно: опускаешься на дно, вокруг тебя плавают рыбы, растут кораллы, под ногами ползают морские звезды, всюду разбросаны невиданные раковины, шевелятся разноцветным ковром водоросли. Может быть, повезет найти затонувший пиратский корабль. Или хотя бы небольшой сундук с драгоценностями. А если не повезет, то и не надо. Работа у водолазов и так интересная.



Увы, очень глубоко в море даже в водолазном костюме не проберешься: давление морской воды расплющит вас в лепешку. А поглядеть, что там, в глубине, уж очень хочется. И тогда сконструировали подводные аппараты для сверхглубоких погружений. Сверхглубоко — это 3—6 км! На такую глубину не могут заплывать даже подводные лодки (их тоже раздавило бы в лепешку). Сначала эти аппараты были неуклюжими, но потом удалось приделать к ним механические руки, много разных приборов и посадить внутрь исследователей.

Вот мы с вами опускаемся все глубже и глубже. Зеленая раскраска водорослей постепенно сменяется бурой. Даже в яркий солнечный день становится все темнее и темнее. Водоросли совсем исчезают. И вот уже приходится включить прожекторы. Перед нами настоящая пустыня. Лишь изредка попадется какой-нибудь глубоководный краб, собирающий то небольшое количество пищи, которое падает из верхних слоев океана. Вместо пестрого разнообразия жизни — огромные мертвые пространства.



И вот однажды в такое сверхглубокое путешествие отправились геологи. Они хотели увидеть «черных курильщиков» — горы на дне океана, из которых клубится черный «дым». (Почему геологи интересовались подводными вулканами? Что, им не хватило вулканов на суше? Узнайте у учителя географии.)

Вдруг среди мертвой пустыни они увидели в лучах прожектора прекрасный сад из алых «цветков» на белых качающихся ножках. «Мы видим райский сад на дне океана», — передали они на корабль, который управлял подводным путешествием. На корабле очень испугались. «Какой такой райский сад? В мертвой подводной пустыне не может быть никаких садов! Наверное, весь экипаж подводного аппарата сошел с ума. Нужно их срочно вынимать — и к доктору!» Подводный аппарат стали поднимать. Так никто и не поверил бы в цветущее океанское дно, если бы не удалось схватить несколько таких «цветков» железной рукой-манипулятором. Этими

«цветками» оказались глубоководные животные с алым венчиком щупалец. А путешествие это состоялось в 1977 г.

Животные были до того необычные, что за ними снарядили ряд экспедиций из ученых-биологов. Они открыли целый мир глубоководных существ, не известных науке. Там жили огромные черви длиной около метра, разнообразные моллюски, крабы и другие животные, до того не известные науке. Это был настоящий подводный оазис!

Оазисы — это островки жизни среди пустыни; они сохраняются там, где есть источники воды. Но океан сплошь состоит из воды, которая всюду покрывает его дно. О каких же оазисах может идти речь?

Дело в том, что и в пустынях одной воды еще недостаточно для возникновения оазиса. Надо, чтобы этой водой воспользовались растения, которые создают убежище и пищу для других организмов. А в глубинах океана не могут существовать растения, так как туда не проникает свет и не может идти фотосинтез.

Откуда же брали пищу обитатели этого оазиса?

Можно было предположить, что какие-то течения приносят сюда много пищи с поверхности. Но это предположение оказалось ошибочным. Выяснилось, что в этом месте из морского дна бьют ключи (совсем как в оазисах пустыни), но ключи эти горячие, а их вода содержит много сероводорода и черного ила. Этот ил создает впечатление дыма над черными курильщиками. Сероводород — ядовитый газ, и на первый взгляд ситуация кажется еще более загадочной. Как ядовитое вещество может помочь расцвету жизни на океанском дне?

Тут надо заметить, что сероводород ядовит далеко не для всех организмов. Вспомните про замечательное открытие русского ученого С. Н. Виноградского, обнаружившего хемосинтез. Возникло предположение, что подобно тому как в оазисах пустыни источником жизни являются растения, так и в океанских оазисах источник жизни — хемосинтезирующие бактерии, которые создают запасы пищи и энергии, используя сероводород.

И действительно, в океанских оазисах были обнаружены серобактерии, которые, используя сероводород как источник энергии, умеют из углекислого газа, растворенного в воде, синтезировать сложные молекулы, сходные с теми, что вырабатываются растениями суши, т. е. занимаются хемосинтезом.

Можно было думать, что серобактерии играют в донных оазисах ту же роль, что растения в наземных биоценозах. А другие организмы поглощают из окружающей среды бактерии, например фильтруя воду, и живут за их счет.

Конечно же, в первую очередь ученых заинтересовало, как ловят бактерий «алые цветы», которых было очень много в подводных оазисах. Эти необычные существа были названы рифтиями. Их полный «адрес» такой:

ЦАРСТВО	Животные
ТИП	Погонофоры («Несущие боррду»)
ОТРЯД	Вестиментиферы («Несущие одежду»)
КЛАСС	Афренуляты
СЕМЕЙСТВО	Рифтиевые
РОД	Рифтия

Каково же было удивление исследователей, когда они не обнаружили у рифтии ни рта, ни пищеварительной системы. «Как же она ест?» — восклицали ученые. «Каждая клеточка поверхности тела питается самостоятельно, — заявил один. — Сама ловит бактерий и сама поедает». Другой возражал: «Да нет же, рифтия складывает щупальца так, что образуются пищеварительные камеры. Туда выделяется сок, а затем все содержимое, захваченное щупальцами, всасывается». Но дело обстояло еще более интересным образом.

Ученые разрезали рифтий и увидели под микроскопом, что кровеносные сосуды в середине тела окружены странной тканью. В каждой клетке животного находятся мельчайшие «постояльцы»-бактерии. А если бактерии рассмотреть получше, то можно увидеть комочки серы. Так вот в чем дело! Рифтия вовсе не ловит бактерий, они живут прямо внутри организма и снабжают его пищей. Совсем как в клубеньках бобовых растений или в рубце у коровы.

Рифтия своими щупальцами «ловит» сероводород (своеобразное топливо), кислород (он нужен для сжигания сероводорода) и углекислый газ (из него бактерии производят различные вещества для себя и для рифтии). Все это поступает в кровь и переносится в ту самую странную ткань, набитую микроскопическими сожителями. Бактерии и рифтии оказываются полезными друг для друга, т. е. живут в симбиозе. Напомним вам, что *симбиоз* (в переводе —

совместная жизнь) — это существование двух видов, которое полезно для одного или обоих видов.

В дальнейшем выяснилось, что и некоторые моллюски донных оазисов тоже существуют благодаря симбиозу с серными бактериями, которые живут у них не в специальном органе, а прямо в жабрах.

Некоторые другие организмы, более редкие в этих сообществах, как выяснилось, действительно питаются серными бактериями, фильтруя воду и поглощая из нее бактерий. Бактерии, живущие внутри рифтий или моллюсков, оказываются защищенными от таких врагов.

Наконец, такие животные, как крабы, питаются не бактериями, а более крупными организмами, например теми же рифтиями. Интересно, что крабы не убивают рифтий, а только откусывают от каждой рифтии по кусочку. А «отъеденный» кусочек рифтии вновь отрастает через какое-то время. Чем не своеобразная «корова» (краб) и «трава» (рифтия)?

Таким образом на дне океана возникает удивительный биоценоз. Роль растений, создающих исходные запасы пищи, играют в нем серобактерии. Роль травоядных животных — организмы, которые питаются за счет бактерий (симбионты или фильтраторы). А роль хищников выполняют глубоководные животные, питающиеся этими «травоядными».

Итак, кроме знакомых вам биоценозов (озера, смешанного леса и т.д.) существуют иные биоценозы, в основе существования которых лежит деятельность хемосинтезирующих бактерий. Сначала такие биоценозы были открыты в глубинах океана (сейчас таких оазисов изучено несколько десятков). Но после того как их открыли в столь необычных местах, сходные биоценозы нашли и на поверхности Земли — в некоторых болотах, в местах просачивания нефти и др.

Вероятно, хемосинтезирующие бактерии преподнесут нам еще не один сюрприз.

§ 9. Умельцы на все руки

Среди бактерий есть «хищные волки», которые набрасываются на свою добычу, вызывая болезни и порчу. Есть среди них и «мирные овцы», которых «разводят» в своих органах многие живые существа. С ними вы уже познакомились. А сейчас мы расскажем

о бактериях-«травах». Чуть-чуть влаги, воздух и солнце — вот почти все, что им нужно для жизни. Да и выглядят эти бактерии не совсем обычно. Настолько необычно, что ученые долгое время считали их... водорослями! Исследования показали, что у этих «водорослей» нет ядра, стало быть их нужно относить к бактериям — прокариотам. Из-за сине-зеленого цвета их называли *цианобактериями*. (Цианобактерий по-другому называют синезелеными; *cyanus* — по-гречески «голубой».)

Цианобактерии обитают в самых различных местах. Представьте себе бесплодную скалу. На первый взгляд на камнях не видно живых существ. Лишь кое-где камни почернели от сырости. Но приглядитесь к тонкой черной корочке. В микроскоп вы обнаружите клетки синезеленых. Изо дня в день они «отгрызают» от камня мельчайшие крупинки, камень покрывается трещинками, в которые смогут запустить свои корни растения, и со временем камень рассыплется на песчинки. А начало этому положили цианобактерии!

Часто на камнях растут лишайники. Камень кажется покрытым цветными кружочками, разводами. Лишайники тоже «отгрызают» по кусочку от камня. Разрежем тело лишайника и посмотрим на него в микроскоп. Удивительное дело! Перед нами не один тип клеток, а целых два (рис. 41)! Среди переплетающихся длинных

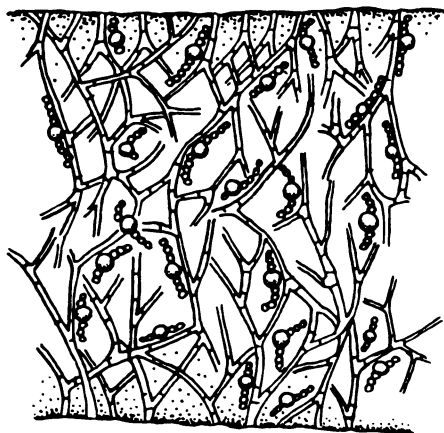


Рис. 41. Поперечный разрез лишайника под микроскопом

Видны цепочки клеток-шариков (цианобактерии). Они оплетены грибными клетками

нитей эукариотических клеток видны прокариотические — синезеленые. Лишайник, оказывается, — это симбиоз грибов и цианобактерий. (Некоторые лишайники вместо цианобактерий содержат клетки водорослей — эукариотов.) Гриб «поймал в плен» цианобактерию. Он дает своей пленнице минеральные соли, но за это получает от нее вкусную сахаристую пищу. Если бы не такое сожительство с цианобактериями, грибы вряд ли смогли жить на скалах.

У вас «зацвел» аквариум? В нем появились темно-зеле-

ные хлопья или нитчатый налет на стенках? Тревожный знак! В аквариуме появились цианобактерии. Некоторые цианобактерии выделяют в воду ядовитые для рыб вещества. Вы увидели в луже черную тину? Тоже цианобактерии.



Синезеленых можно встретить везде — и на почве в лесу, куда, казалось бы, почти не проникает свет; и вблизи ледников, где не могут вырасти никакие травы; и в горячих гейзерах. (Вы до сих пор не знаете, что такое гейзеры? Обязательно спросите у учителя географии.) Цианобактерии выдерживают зной и холод, сильную засуху и страшную сырость, умеют жить впроголодь. Словом, живут там, где почти никто другой выжить не смог бы. Но им находится место и в самых обычных, ничем не примечательных уголках — на крыше дома или на коре дерева.

В чем же секрет цианобактерий? Почему они так широко распространены?

«Все очень просто, — скажете вы. — Цианобактерии, наверное, умеют пережидать неблагоприятные условия, существуя в виде спор. Ведь умеет же возбудитель сибирской язвы ждать по нескольку десятков лет своей новой жертвы. Так и цианобактерии образуют споры и переживают до лучших времен».

Действительно, многие цианобактерии способны образовывать покоящиеся формы и пережидать, например, безводье. А едва пройдет дождик, синезеленые просыпаются и спешат поскорее вырасти, накопить запасы до следующего дождика.

Но одним образованием спор дело не обходится. Во многом цианобактерии похожи на растения (ведь мы недаром говорили, что речь пойдет о бактериях-«травах»). Они, как и растения, умеют фотосинтезировать. (Надеемся, вы еще не забыли, что фотосинтез — это процесс «запасания» солнечных лучей. Для фотосинтеза необходимы вода и углекислый газ. Из них-то растения и цианобактерии получают сахара и кислород.) Это означает, что цианобактерии могут жить там, где есть углекислый газ, вода и свет.

Но есть у цианобактерий и другие «хитрости». Скажем, почему они растут на скалах, а травы поселяются там гораздо позже. «Как же, — скажете вы, — цианобактерии очень маленькие, им легко зацепиться за камень, спрятаться в мельчайшей трещинке.

А вот семена трав куда крупнее — их сдувает ветер. Да и трудно ухватиться за камень корешком, пока цианобактерии не сделали крупных трещинок. К тому же цианобактерии маленькие, им нужно мало воды. Той влаги, которая задерживается на камне, им хватает. А большому растению может воды не хватить и тогда оно засохнет». Правильно, все эти причины, по которым растения не могут вырасти на камне раньше, чем цианобактерии, очень важные. Но есть еще одна.

Вы наверняка помните, что атомы азота необходимы всем живым существам. Причем брать их прямо из атмосферы может не всякий. На камнях нет нитратов и нитритов, солей, содержащих аммиак, т. е. доступного для растений азота. Цианобактериям отсутствие азота не помеха. Как вы уже догадались, синезеленые берут азот из воздуха. Но и здесь возникают свои трудности. Если в клетке происходит фотосинтез, то в ней образуется кислород. А кислород мешает фиксации атмосферного азота. Как же быть? Как создать анаэробные условия для азотфиксации?

А вот как. Многие цианобактерии живут не в одиночку, а соединены в довольно длинные цепочки. Часть из клеток цепочки перестают заниматься фотосинтезом. Клеточная стенка у них утолщается. (Как вы думаете, зачем?) Такие клетки отличаются от своих фотосинтезирующих соседей. Они получили специальное название — гетероцисты. В гетероцистах создаются благоприятные для азотфиксации анаэробные условия. Но клетка должна как-то питаться. Ее кормят клетки-фотосинтетики. Они поставляют в гетероцисты сахара, а взамен получают жизненно важные атомы азота. Соединенные таким способом в одну нить клетки помогают друг другу. Если вокруг совсем нет пригодного в пищу азота, то гетероцист в нитях становится больше, а если цианобактерии подкормить азотом, то количество гетероцист уменьшится.

Вспомним теперь о лишайниках. Как вы видите, грибы «поймали» очень выгодных пленников — цианобактерий. Гриб всасывает воду и минеральные соли, которыми он снабжает цианобактерии. А за это они поставляют грибу не только сахара — продукт фотосинтеза, но и жизненно важные соединения азота.

По мере отмирания клеток цианобактерий и грибов на камне появляется богатый азотом слой. Теперь доступного растениям азота достаточно. На камне вслед за лишайниками могут поселиться травы.

«Да, — скажете вы, — и без влаги цианобактерии умеют обходиться, и азот для себя ловят прямо из воздуха — это все понятно. Но как они в почве живут? Ведь там же темно, нет света для фотосинтеза. А вы нам говорили, что свет им для жизни необходим». Расскажем вам и про эту «хитрость» цианобактерий. Тут им помогает их необычный цвет.



Давайте задумаемся, почему листья растений кажутся нам зелеными? Почему уголь черный, а снег и лист бумаги белые? На все предметы падает солнечный свет. Оказывается, он состоит из лучей различных цветов. Каждый из вас видел радугу. Радуга — это свет солнца, разложенный на отдельные «полосочки» — красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Растения получают энергию вместе с лучами солнца. Все ли лучи могут использовать зеленые растения? Вовсе нет. Они очень «любят» красные и синие лучи. Какие же лучи останутся в радуге, если убрать красные и синие, желтые, зеленые и голубые? Смешайте эти краски, и вы получите зеленый цвет. Именно поэтому растения и выглядят зелеными: красные и синие лучи они поглощают, а зеленые растениям не нужны. Зеленые лучи, отразившись от листа, попадают нам в глаза, и лист выглядит зеленым! Если предмет не поглощает никаких лучей, то он выглядит белым (молоко, лист бумаги). А если предмет поглотит лучи всех цветов, то он кажется черным (уголь). Ночью тоже все кажется черным, но по другой причине. Нет солнца, нет солнечных лучей, и от предметов не исходит никакого света.

В лесу растет много разных растений. Ближе всех к солнцу деревья, поэтому им достается больше всего красных и синих лучей. Те красные лучи, которые не уловили деревья, достаются кустарникам. Следующие по очереди — травы, за ними — мхи и зеленые водоросли. Им достается очень мало красных и синих лучей. Использовать лучи других цветов все эти растения не могут, поэтому они специально приспособливаются жить в тени под пологом леса.

Цианобактерии могут использовать для фотосинтеза не только красный и синий, но и лучи других цветов. Ведь недаром очень часто цианобактерии выглядят как почти черный налет на камне

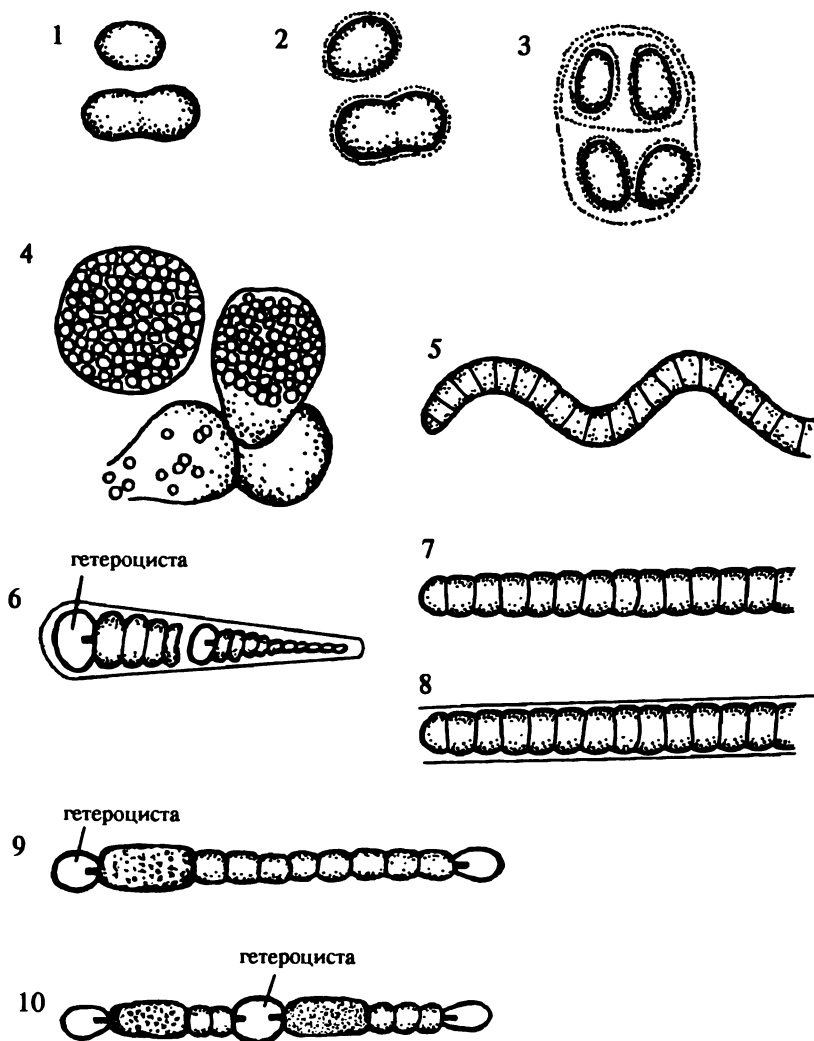


Рис. 42. Многообразие цианобактерий

К сожалению, русских названий у многих бактерий нет. Приходится пользоваться латинскими. Здесь приведены только названия родов цианобактерий: 1—*Gloeobacter* (Глеобактер); 2 — *Synechococcus* (Синехококкус); 3 — *Gloeotheca* (Глеотеце); 4 — *Dermocarpa* (Дермокарпа); 5 — *Spirulina* (Спирулина); 6 — *Calothrix* (Калотрикс); 7 — *Oscillatoria* (Осциллятория); 8 — *Lyngbia* (Лингбия); 9 — *Cyindrospermum* (Цилиндроспермум); 10—*Anabaena* (Анабена)

или коре: почти все лучи, которые на них попадают, синезеленые водоросли используют для фотосинтеза. Теперь вы понимаете, как ухитряются цианобактерии жить в сильной тени?

И в заключение нашего рассказа отметим, что цианобактерии бывают очень разные (рис. 42). Есть среди них и одиночные формы, и соединенные по нескольку штук, и нитчатые. Клетки в нитях могут быть одинаковыми, а могут и отличаться одна от другой. Известны цианобактерии, похожие на шарики, но можно отыскать и палочки, и извитые, похожие на спирали.

Некоторые цианобактерии умеют самостоятельно двигаться, скользить. Увидеть собственными глазами в микроскоп скользящую по стеклу ниточку очень интересно, не поленитесь отыскать нитчатых цианобактерий.

Задача. Как вы думаете, при каких условиях в колбе вырастут цианобактерии? Как создать для них накопительную культуру?

ГЛАВА 2

СТРОЕНИЕ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ БАКТЕРИЙ

§ 1. Что едят бактерии

Однажды учитель спросил у школьника Миши: «Что едят бактерии?» Миша тут же стал вслух вспоминать, что же едят эти микроскопические создания. Первой мыслью, которая пришла ему в голову, была такая: «Бактерии питаются веществами нашего организма и вызывают болезни. Еще они питаются яблоками, от этого яблоки гниют. А гнилое яблоко уже не съешь — оно невкусное и опасно для здоровья. Еще бактерии едят клубничный сок (его Миша очень любил). От этого сок портится и его нельзя пить. Еще в рацион бактерий входит молоко. Молоко становится кислым на вкус. Еще...»

Тут учитель прервал Мишу и спросил, что едят бактерии, кроме продуктов питания. Миша немного подумал и вспомнил, что некоторые бактерии питаются сеном, помогая корове его переваривать. «Но ведь сено — такой же продукт питания, только не для человека, а для коровы», — возразил учитель.

Тогда Миша привел пример азотфиксирующих бактерий: «Есть такие бактерии, которые питаются азотом прямо из воздуха! Например, азотобактер или какой-нибудь ризобиум. А еще есть такие бактерии, которые едят сероводород! Они живут в глубоководных оазисах на дне океана. А бывают такие, что используют азот из аммиака, селитры или нитритов. А еще есть агробактерии, которые питаются особой пищей. Делать такую пищу они заставляют клетки зеленых растений. А цианобактерии питаются углекислым газом». «Может быть, они питаются не углекислым газом, а азотом воздуха?» — поинтересовался учитель. «Наверное, синезеленые в основном питаются углекислым газом, а когда им недостает пищи, они переходят на азот». «Нет, — сказал учитель Мише, — и азот, и углекислый газ необходимы цианобактериям одновременно. Из углекислого газа синезеленые берут углерод, необходимый всем живым существам».

«Вспомнил!» — радостно воскликнул Миша. «Что вспомнил?» — спросил учитель. «Вспомнил, зачем нужна пища. Во-первых, пища — это источник строительных кирпичиков для организма. А во-вторых, пища нужна нам для того, чтобы дышать. При этом пища сгорает и получается энергия. Жить без энергии нельзя». «Правильно, — сказал учитель, — а как определить, какие именно строительные материалы нужны организму?» Миша несколько призадумался и предположил, что нужно провести сложные химические анализы. Какие именно анализы нужны, Миша сказать не смог. (А вы знаете, какие? Если нет, обязательно поинтересуйтесь у учителя химии.)

Конечно же, учитель сам рассказал Мише о том, какие элементы нужны всем живым существам. Вот что узнал Миша.

Главные элементы для бактерий — водород, кислород и углерод. Без воды жить нельзя. Ведь даром жизнь бактерий замирает при отсутствии воды. Углерод бактерии могут доставать по-разному: кто из углекислого газа (цианобактерии), а кто из сахаров, белков, жиров и прочих пищевых продуктов (молочнокислые, бактерии кишечной группы и многие другие). Нельзя сказать, что цианобактерий нельзя «кормить» сахаром, — цианобактерии

смогут им питаться. Однако, если предложить молочным палочкам углерод из углекислого газа и никакого другого источника углерода не добавить, молочные палочки погибнут. Те бактерии, которые могут существовать, используя углекислый газ как источник углерода, называются *автотрофами*. К автотрофам относятся цианобактерии, симбионты глубоководных рифтий и бактерии, перерабатывавшие аммиак в опытах Виноградского. Бактерии, которые не способны жить на углекислом газе и поэтому нуждаются в органическом углероде, называются *гетеротрофами*. Это знакомые вам *Lactobacillus*, *Escherichia coli*, возбудители болезней и многие другие.

Кроме водорода, кислорода и углерода любому организму нужен азот. Но азот необходим в доступной для бактерий форме. Кто-то умеет использовать азот воздуха, кто-то использует аммиак или соли азотной или азотистой кислоты. Но среди бактерий существуют и «гурманы», которым необходимы азотные соединения из других организмов.



Оказывается, у бактерий есть потребности в фосфоре, сере, кальции, железе, калии, натрии, магнии, меди, цинке, молибдене, марганце, кобальте и многих других элементах. (Кстати, знакомы ли вы со всеми названными элементами?) Вот как много различных элементов необходимо, чтобы построить одну маленькую-премаленькую бактерию! И все эти элементы бактерия должна получать с пищей.

Задание. Вот видите, мы написали довольно скучный параграф. Вы наверняка знаете стихотворение «Из чего же, из чего же, из чего же сделаны наши мальчишки (девчонки)?» Напишите стихи на тему «Из чего же сделаны наши бактерии?»

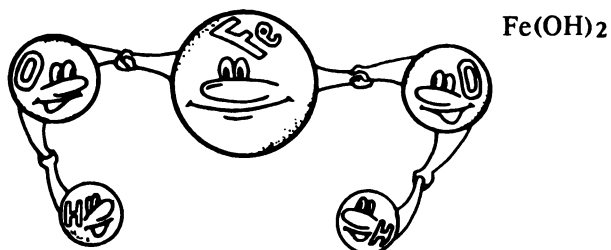
До сих пор мы говорили о «строительных блоках» для бактериальной клетки. Теперь поговорим о том, как бактерии получают энергию.

Цианобактерии, водоросли и растения получают энергию от Солнца. Такие организмы называются *фототрофами*. «Но позвольте, — скажете вы, — цианобактерии — автотрофы, а вовсе не фототрофы!» Правильно, цианобактерии — автотрофы, они питаются самостоятельно, но они же — «питающиеся светом». Чтобы

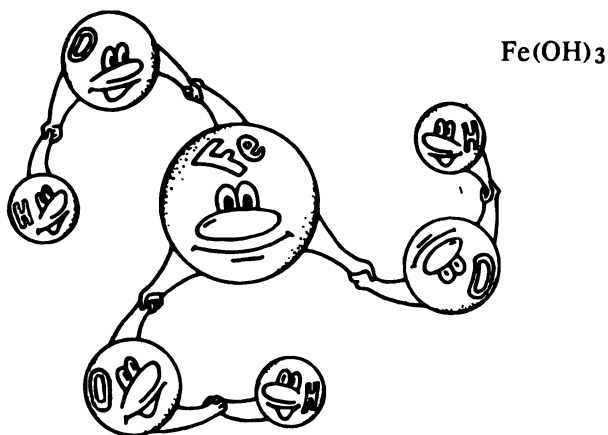
объединить в одном определении два указанных свойства цианобактерий, ученые называют их фотоавтотрофами. В процессе своего «питания светом» синезеленые отрывают от воды атомы водорода и получается кислород. Давным-давно (2—3 млрд. лет назад) Землю окружала газовая оболочка, в которой почти не было кислорода, зато было много углекислого газа. Вскоре появились цианобактерии, а 450 млн. лет назад благодаря их деятельности содержание кислорода в атмосфере повысилось до 2%. Появилась возможность дышать кислородом, и возникли первые организмы, способные делать это. Задумайтесь: если бы цианобактерии не научились «питаться» светом и при этом производить кислород, весь облик живых существ на Земле был бы совершенно другим! Наверное, человек, способный набрать полную грудь свежего воздуха, богатого кислородом, так никогда бы и не появился. Цианобактериям мы обязаны ярким теплым пламенем костра (без кислорода дрова не горят), поездкой на автомобиле (без кислорода двигатель не работает), алым цветом нашей крови (вы помните, что такое гемоглобин?) и многим, многим другим. Скажем спасибо цианобактериям за то, что мир вокруг нас такой, какой он есть. Спасибо маленьким, первым на Земле производителям кислорода.

Есть у бактерий и другой способ получать энергию — сжигать разнообразные вещества. Бактерии, питающиеся энергией от сжигания различных веществ, называются *хемотрофами*. Точно так же, как синезеленых мы называли *фотоавтотрофами*, какую-нибудь *Esherichia coli* мы назовем *хемогетеротрофом*. Кишечная палочка сжигает органические вещества и получает энергию. В этом, вроде бы, нет ничего удивительного. Между тем существуют совершенно необычные бактерии, способные сжигать... железо! «Ну да! — скажете вы с недоверием. — Железо не горит!» Горит. Убедитесь в этом сами. Поднесите к быстро вращающемуся точильному кругу железный предмет. Вы увидите сноп ярких искр. Это горит железо. Если вас это не убедило, соберите то, что осталось от искр. «Железный пепел» мало похож на расплавленные частички несторевающего железа: он менее прочный, без металлического блеска и совершенно другого цвета. «Железный пепел» называют окалиной. Но железо может не только гореть. Всякий видел, как новенький блестящий гвоздь со временем покрывается ржавчиной. Железо «тлеет».

В природе железо обычно находится в таком виде (Fe — обозначение атома железа):



или в таком:



Нетрудно заметить, что для превращения первой формулы во вторую необходимо добавить к железу атом кислорода и атом водорода. Именно таким образом (добавляя дополнительный кислород) «сжигают» железо *железобактерии*. Получается всем хорошо известная ржавчина. Она плохо растворима в воде. А вот вещество Fe(OH)_2 растворяется в воде значительно лучше. Железобактерии «улавливают» Fe(OH)_2 из воды, чтобы «сжечь», превратив в ржавчину. Таким образом, железобактерии покрываются своеобразными «ржавыми доспехами» — одеваются снаружи в ржавчину. Присмотритесь внимательно к железобактериям. «Железный домик» очень похож на деревце. Оно ветвится во многих местах. Вот основной

«стволик» раздвоился. Оказывается, бактерия-«родительница» дала начало двум дочерним бактериям. Снова стволик и снова развилка. Так железобактерии образуют причудливые ржавые узоры. Они улавливают растворимые в воде формы железа и осаждают их на дне водоемов. Если железобактерий много, то они могут образовать целое железорудное месторождение. Ведь много-много ржавчины — это превосходный материал для выплавки железа. Многие месторождения железных руд образованы железобактериями.

Железобактерии играют и другую, не менее важную роль. Большое количество растворенного в воде железа очень вредно для самых разных организмов. Примеси железа придают воде «ржавый» привкус. Железобактерии переводят железо из хорошо растворимой формы в труднорастворимую. В воде железа становится меньше, вред от растворенного железа уменьшается.

Однако у железобактерий есть и третья, совершенно неблагоприятная роль. Помните, как ржавеет гвоздь? В почве, богатой железобактериями, гвоздь ржавеет значительно быстрее. Именно железобактерии поселяются на влажной металлической поверхности и в сообществе с другими бактериями превращают нужные, полезные для человека предметы в рыжий порошок. Если железобактерии испортили вам прекрасное оцинкованное ведро, не огорчайтесь. Всем, даже бактериям, необходима энергия. Процесс сжигания железа железобактерии изобрели гораздо раньше, чем человек придумал железные предметы. (Если ржавчина вам все же не нравится, пользуйтесь ведрами из пластмассы.)

Бактерии, способные «сжигать» различные минеральные вещества для получения энергии, называют *литотрофами* (от греческого *lithos* — камень). К литотрофам можно отнести симбионтов рифтий (они сжигают сероводород, превращая его в серу) и нитрифицирующие бактерии (сжигают соединения азота). Микроорганизмы, сжигающие органические вещества для получения энергии, называют *органоотрофами*.

Теперь давайте попробуем описать способ питания человека. Мы должны указать, откуда человек берет углерод для построения организма и как получает энергию. Трудно изложить все это одним предложением. А вот ученые могут сказать о человеческом способе питания одним словом. Человек — хемоорганогетеротроф! Какая-нибудь *Nitrosospira briensis* — хемолитоавтотроф, а цианобактерия — фотолитоавтотроф. (Фототрофы, оказывается, тоже бывают

«лито» и «органо», в зависимости от того, в каких веществах они нуждаются для фотосинтеза. Цианобактериям необходима вода — минеральное вещество. Поэтому цианобактерии — литотрофы. Из воды получается кислород. Но для фотосинтеза некоторым бактериям нужны другие вещества. Например, для фотосинтезирующих серных бактерий это — сероводород. При фотосинтезе из него получается сера. Таким образом, серные бактерии — тоже фотолитоавтотрофы.)

К концу беседы с учителем Миша окончательно запутался. «Ну и названия! Язык можно сломать. И в каждом слове по четыре греческих корня, — подумал Миша. — А все-таки интересно, что едят хемолитогетеротрофы?» А как думаете вы?

- Задачи.
1. Сколько все-таки разных стратегий питания мы сочинили?
 2. В XIX в. некоторые ученые и писатели в России предлагали не пользоваться иностранными словами, а переводить их на русский язык. Например, «философию» называть «любомудрием», «геометрию» — «землемерием», «демократию» — «народовластием», «демографию» — «народонаселением». «Переведите» на русский язык названия стратегий питания.

* * *

Вы уже знаете о бактериях, которые используют железо как своеобразное топливо. Поэтому вас, наверное, нисколько не удивят бактерии, которые «сжигают» олово, свинец, марганец, медь и другие металлы. Все эти металлы ядовиты для животных, растений, грибов и простейших, а вот некоторые бактерии прекрасно переносят их в огромных количествах. Среди бактерий можно отыскать и таких, которые для получения энергии сжигают мышьяк. (Мышьяк — сильный яд, который часто используют для того, чтобы избавляться от мышей и крыс.)

Бактерии едят нефть, бензин, парафин, природный газ, стиральный порошок, мыло, чернила. Они разрушают мраморные статуи, железобетонные сооружения, водопроводные трубы и многое-многое другое. Сегодня ученые думают, как для многих веществ можно подобрать таких бактерий, которые будут эти вещества использовать.

Мы много рассказывали о тех химических превращениях, на которые способны бактерии. Это не случайно. Действительно, если

бактерии сравнивать с эукариотами (организмами, в клетках которых есть «настоящее» ядро), то удивляет многообразие химических процессов, на которые способны бактерии. Таким образом, чтобы изучать бактерий, нужно хорошо знать химию.

* * *

Итак, бактерии едят почти все. Но есть и недоступные бактериям способы питания. Вы, наверное, еще не забыли о фагоцитах, которых открыл Илья Ильич Мечников. Фагоциты — это эукариотические клетки-«пожиратели». Эти клетки могут захватывать крупные твердые частички, «обволакивать» их и переваривать. Процесс захвата твердых частичек называли фагоцитозом. Так вот, бактерии не умеют захватывать крупные твердые частички, не умеют фагоцитировать. Бактерии получают пищу лишь в виде раствора.

? Как вы думаете, почему бактерии не могут захватывать твердые частицы?

§ 2. Как устроены бактерии

ЧТО МЫ УВИДИМ В СВЕТОВОЙ МИКРОСКОП

Если мы просто поместим капельку с бактериями на стеклышко и положим ее под микроскоп, то почти ничего не увидим. Большинство бактерий очень маленькие и к тому же бесцветные. Конечно, если вы рассматриваете цианобактерии, то они будут хорошо видны. Но остальных «героев», о которых мы рассказывали, без специальных ухищрений увидеть нельзя.

Самый старый способ увидеть микроорганизмы придумал Антонио Левенгук (тот самый голландский торговец сукном, с которым вы уже познакомились). Он мало кому показывал зверушек-анималькусов в чудесные линзы, держал в секрете свое изобретение. После его смерти ученые долго не могли понять, как Левенгук мог хоть что-нибудь разглядеть в свои увеличительные приборы. Но потом догадались, что свет падал на препараты хитрого голландца не прямо, а сбоку. В этом случае микроорганизмы кажутся светящимися фигурами на темном фоне. Представьте себе, что вы хотите увидеть пылинки в воздухе. Для этого можно воспользоваться

освещением сбоку. Закройте в комнате окна темными шторами и оставьте щелочку для луча солнца. Вы сразу же увидите светлую дорожку из частиц пыли. Точно так же можно наблюдать бактерий в микроскопе, освещая их сбоку.

Некоторые бактерии неподвижны, но многие способны двигаться. Вот одна, очень быстрая, мечется взад-вперед в поле микроскопа, то и дело меняя направление движения. Вот другая важно и неспешно скользит по стеклышку. А третья, тонкая, похожа на штопор, который, изгибаясь, ввинчивается в воду.

Рассматриватьдвигающиеся бактерии очень трудно. Чтобы разглядеть получше, их убивают, «приклеивают» к стеклышку (как говорят ученые, фиксируют) и окрашивают разными красками. Один микробиолог по имени Грам придумал особо удачный способ окрашивания бактерий. Ученые так и называли этот способ — окраска по Граму. Только не все бактерии окрашивались таким способом. Тех, которые окрашивались, микробиологи называли грамположительными бактериями, а которые нет — грамотрицательными. Как выяснилось, эти две группы бактерий отличаются строением клеточной стенки. «А какое это имеет значение — окрашивается бактерия каким-то хитрым способом или нет?» — спросите вы. Очень большое. Например, антибиотик пенициллин убивает грамположительных бактерий, а многие грамотрицательные устойчивы к пенициллину. Немецкий ученый Пауль Эрлих придумал еще более удивительную краску, которая окрашивала только бактерий, а ткани человека не «окрашивала». Он ввел в молекулу краски атом мышьяка — получился яд, который убивал бактерий и не трогал клетки человека. Изучение того, как бактерии окрашиваются разными красками, привело Эрлиха к крупному изобретению. И совершенно не случайно в начале XX в. лекарственные препараты производили... на заводах анилиновых красок! А самый первый в мире стрептоцид был красным. Вот какое, оказывается, «бесполезное» свойство бактерий — окрашиваться.

Неподвижные окрашенные бактерии рассмотреть куда проще, чем живые, быстродвигающиеся. Теперь мы сможем описать форму бактерий. Бактерии, похожие на шарики, ученые называют кокками. Если микроорганизм больше похож на палочку, то это бацилла (образует покоящиеся стадии — споры) или бактерия (не образует спор). «Запятые» носят название вибрионов, а закрученные в 3—5 витков тонкие бактерии — это спираиллы. Спирохетами называют спиралики, число витков которых значительно

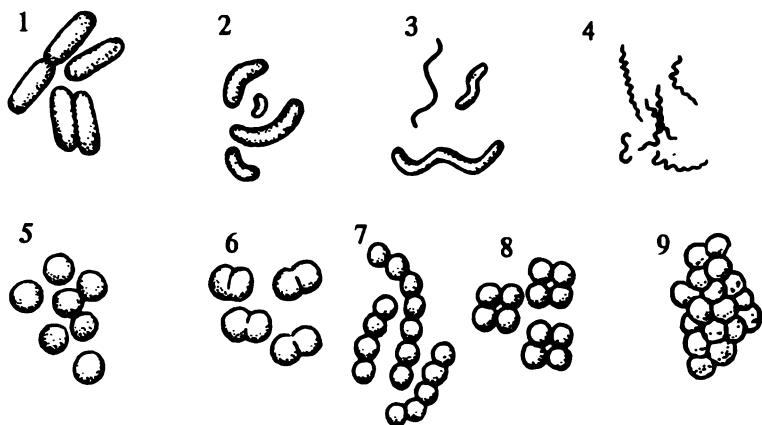


Рис. 43. Многообразие форм бактерий:

1—палочки; 2—вибрионы; 3—спириллы; 4—спирохеты; 5—кокки; 6—диплококки;
7 — стрептококки; 8 — тетракокки; 9 — стафилококки

больше (рис. 43, 1—4). Есть еще бактерии в форме булавы, с непостоянной формой, и множество других. Каждая форма имеет свое название.

Вы, наверное, без труда вспомните, какие бактерии имеют ту или иную форму. Опасные для грудных младенцев стафилококки похожи на шарики, молочная палочка относится к бациллам, а возбудитель холеры («запятая Коха») — это вибрион.

Глядя в световой микроскоп, можно еще заметить, что некоторые бактерии не любят одиночества. Они объединяются в различные группы. Эти группы микробиологи называют по-разному. Возбудители опасного заболевания — менингита — любят соединяться парно. От этого бактерии становятся похожими на кофейные зерна. Такие бактерии называют диплококками («двойными шариками»), диплобациллами («двойными палочками») и т. д.

Стрептококками называются соединенные в нить шарики, а стафилококками — беспорядочно соединенные друг с другом, образующие «виноградную гроздь» (рис. 43, 5—9). Есть много других способов объединения бактерий. Мы привели лишь небольшую часть научной классификации форм бактерий и способов их объединения. Ведь рассказать обо всем невозможно.

В световой микроскоп можно увидеть, образует ли данный вид бактерий споры, выделяет ли вокруг клеток слой слизи (капсулу).

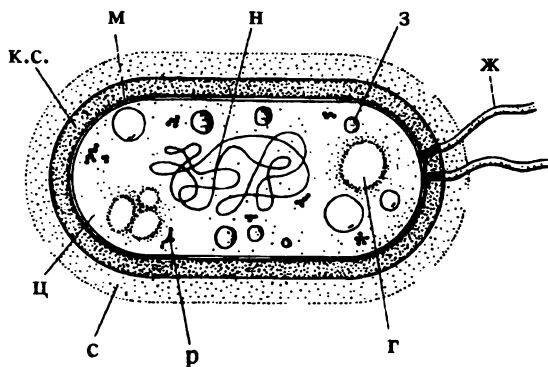


Рис. 44. Строение клетки бактерии:

к.с. — клеточная стенка; м — мембрана; ц — цитоплазма; н — нуклеотид; р — рибосома; ж — жгутик; г — пузырек газа; з — запасные питательные вещества; с — слой слизи (слизистая капсула)

Большого, сколько ни старайтесь, не разглядите. Чтобы проникнуть в тайны клеток микробов, нужно вооружиться электронным микроскопом.

ЧТО МЫ УВИДИМ В ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП

Электронный микроскоп дает гораздо большее увеличение, чем световой. Однако живых бактерий в электронный микроскоп наблюдать нельзя. Чтобы разглядывать бактерий в электронный микроскоп, их обязательно нужно зафиксировать, покрасить специальными красками и даже нарезать на ломтики! Да, да. Именно нарезать, поскольку бактерии для электронного микроскопа слишком толсты. Вот эти-то ломтики бактерий и разглядывают ученые.

Первое, что обращает на себя внимание, — это *клеточная стенка* (рис. 44). Бактериальная клетка одета в клеточную стенку точь-в-точь как средневековый рыцарь был одет в боевые доспехи. Вы легко сообразите, почему бактерии не питаются твердыми частичками. Попробуйте-ка откусить кусочек бутерброда, не поднимая забрала. Думаем, что ничего не выйдет. Так и бактерия: чтобы съесть твердую частицу, нужно «снять с себя» клеточную стенку. Ни одна бактерия на это не согласится. Клеточная стенка обычно состоит из вещества муреина (от латинского «*murus*» — стенка). Пенициллин, как вы помните, не дает клетке правильно построить

клеточную стенку. Оказывается, он не позволяет «собирать» именно муреин. (Такое простое строение имеет клеточная стенка бактерий, окрашивающихся по Граму. У грамотрицательных бактерий клетка покрыта несколькими защитными слоями. Их клеточная стенка устроена значительно сложнее.)

Вы, наверное, несколько удивитесь: «Как могут бактерии быстро плавать, если их клетки покрыты жестким панцирем? Рыцарям в доспехах было очень тяжело двигаться». Быстро плавать бактериям помогает жгутик. Жгутик этот напоминает пропеллер или винт подводной лодки. «Двигатель» спрятан внутри под клеточной стенкой. Этот «двигатель» вращает жгутик. А чтобы жгутик был правильно расположен по отношению к клеточной стенке, он снабжен своеобразным «подшипником», укрепленным в клеточной стенке. Только, конечно, в этом «подшипнике» нет металлических шариков и деталей. Все сделано из молекул белков. Жгутик у бактерии может быть один, но их может быть и несколько, а может и совсем не быть.

Под клеточной стенкой расположена *мембрана*. Помните, мы сравнивали ее с камерой в футбольном мяче? Жесткая клеточная стенка похожа на кожаную обшивку, а мембрана — на гибкую камеру. Клеточная стенка защищает бактерии от крупных частиц, но для мелких молекул она не помеха. А если попадется молекула сильного яда или ненужная в данный момент молекула? За ними следит мембрана. Она «впускает» внутрь клетки полезные молекулы и старается задерживать вредные. В самих клетках бактерий часто образуются ненужные, вредные вещества. Их мембрана вытолкнет наружу. Вот такая важная функция у мембраны.

Под мембраной находится *цитоплазма*. В цитоплазме находятся различные «молекулярные фабрики». Все эти «предприятия» выпускают и обрабатывают «строительные блоки», обеспечивают «ремонт» испортившихся блоков в клетке, готовят клетку к делению. Одна из самых крупных по размеру «молекулярных фабрик» — это *рибосома*. Рибосомы можно увидеть в электронный микроскоп. Рибосомы заняты важным делом, они производят белки.

Клетка бактерий, да и любая другая клетка, не может жить без «системы управления». Эта система согласует работу всех молекул в клетке. Именно в «системе управления» хранится *информация* о всех свойствах клетки. Это хранилище информации называется нуклеотидом («нуклеус» — ядро, «эйдос» — похожий, «нуклеотид» — похожий на ядро). Как вы помните, бактерии —

прокариоты, и настоящего ядра у них нет. Информация записана на специальных молекулах наследственности — нуклеиновых кислотах. (Как именно записана информация на нуклеиновых кислотах, вы узнаете потом.) Без нуклеиновых кислот невозможна жизнь. Помните, когда мы рассказывали о царствах, мы упомянули необычное царство неклеточных живых созданий под названием Вирусы. Так вот, и у вирусов тоже есть нуклеиновые кислоты. В них записана вся информация о вирусах.

Итак, в электронный микроскоп можно разглядеть:

- а) клеточную стенку;
- б) жгутик (если он есть);
- в) мембрану;
- г) цитоплазму с плавающими в ней рибосомами;
- д) нуклеотид.

Иногда в клетках бактерий можно встретить капельки запасных питательных веществ или мелкие газовые пузырьки.

Вот как просто устроена клетка прокариот!

- Задачи.
1. Придумайте, как «разваливается» поделившаяся клетка на две дочерние. Ведь изначально исходная клетка покрыта одним панцирем.
 2. Вырастут ли какие-нибудь бактерии на среде, содержащей пенициллин?
 3. Как, по-вашему, может расти (увеличиваясь в размерах) бактерия?

Заключение

Вы получили много новых знаний о бактериях и о бактериологах. Перед вами открылись странички истории науки, тайны жизни микробов. Давайте кратко повторим все, что мы изучили.

1. Ученые-микробиологи

Антонио Левенгук (1632—1723). Жил в Голландии, торговал сукном. Впервые увидел мир зверьков-анималькусов. Изобрел способ наблюдения бактерий в темном поле при освещении сбоку.

Луи Пастер (1822—1895). Жил во Франции. Доказал окончательно, что микробы не самозарождаются, а попадают в мясной бульон вместе с пылинками из воздуха. Основал институт, в котором работали многие выдающиеся ученые. Луи Пастер разработал прививки против разных болезней. Под его руководством созданы прививки против сибирской язвы и бешенства. Кроме того, Пастер исследовал многие процессы брожения. Термины «аэробный» и «анаэробный» введены в научный обиход тоже Луи Пастером.

Роберт Кох (1843—1910). Жил в Германии. Доказал, что сибирская язва вызывается бактериями. Открыл возбудителей холеры и туберкулеза. Сформулировал правила для поиска возбудителей заболевания (триада Коха). Кроме того, Кох изобрел способ выращивания бактерий в виде отдельных колоний и создал метод разделения смеси разных бактерий. Он совместил фотоаппарат с микроскопом. Им создана крупная школа микробиологов.

Илья Ильич Мечников (1845—1916). Русский ученый. Работал в Пастеровском институте. Открыл микроскопических защитников нашего организма — фагоцитов. Он изучал холеру (а после питался культурой болгарской палочки). Придумал заражать насекомых-вредителей бактериями, чтобы бороться с этими насекомыми на полях.

Сергей Николаевич Виноградский (1856—1953) посвятил свою научную деятельность необычным микробам, сжигающим сероводород, железо, соединения азота. Открыл явление хемосинтеза (хемолитоавтотрофов). Придумал метод накопительных культур.

Александр Флеминг (1881—1955). Жил в Англии. Открыл защитное вещество в слезах, кожных выделениях рыб и лягушек и

назвал его лизоцимом. Он обнаружил первый антибиотик — пенициллин, спасший миллионы жизней.

Как вы видите, бактериология зарождалась в конце XIX — начале XX в.

2. Многообразие бактерий

Мы изучили лишь малую долю бактерий из того огромного их многообразия, которое нас окружает. И познакомились с научными классификациями бактерий.

Кислород. По отношению к кислороду бактерии делятся на аэробов и анаэробов. Аэробы, например, кишечная палочка (*Escherichia coli*), ризобии (*Rhizobium*), цианобактерии, спокойно растут в присутствии кислорода и используют его для дыхания. Анаэробы не используют кислород. А иногда кислород ядовит для них. К анаэробам относятся клостридии (*Clostridium*).

Углерод. Этот элемент необходим для всех молекул, встречающихся в бактериях. Чтобы расти и размножаться, любому организму нужен углерод. Если бактерия умеет делать все необходимые «кирпичики» из углекислого газа, т. е. нуждается в других соединениях углерода (органических), то она называется гетеротрофом.

Энергия. Энергию для жизни бактерии получают или от Солнца (тогда это фототрофы), или путем «сжигания» разнообразных веществ (тогда это хемотрофы). Если для фотосинтеза или для «сжигания» необходимы минеральные вещества, то тогда бактерия называется литотрофом. А если она использует для фотосинтеза или «сжигает» органические соединения, то называется органотрофом.

Задание. Подберите примеры бактерий, получающих энергию тем или иным способом.

Форма. По форме бактерии бывают очень разные. Шарики называют кокками (стрептококк молочный), палочки — бациллами или бактериями (молочная палочка — *Lactobacillus*, азотобактер), «запятые» называют вибрионами (холерный вибрион), закрученные формы называют спиралями и спирохетами (нитрозоспира). Бактерии могут объединяться попарно, по четыре штуки, а также в длинные нити, гроздья, цепочки и др.

Систематика. Систематика — это деление царств на отделы, отделов — на классы, классов — на порядки, порядков — на семей-

ства, семейства — на роды, а родов — на виды. Царство прокариот стали изучать сравнительно недавно. Поэтому сами ученые еще не договорились между собой, как лучше всего указывать «адреса» тех или иных бактерий. Тем не менее перечислим хотя бы те семейства бактерий, с которыми мы вас познакомили:

- 1) Молочнокислые — *Lactobacillaceae* (болгарская палочка).
- 2) Кишечные — *Enterobacteriaceae* (кишечная палочка).
- 3) Вибрионовые — *Vibrionaceae* (холерный вибрион).
- 4) Ризобиевые — *Rhizobiaceae* (агробактерии, ризбии).
- 5) Нитробактериевые — *Nitrobacteriaceae* (селитряные бактерии).
- 6) Метанобактериевые — *Methanobacteriaceae*.

А вот цианобактерии — это более крупная группа, объединяющая несколько семейств.

Конечно, наш список семейств не полный. Мы упоминали о бактериях из других семейств. А сколько еще осталось таких, о которых мы совсем ничего не рассказывали!

3. Роль бактерий в круговороте веществ

Кроме углерода, кислорода и водорода имеются еще десятка два элементов, жизненно необходимых всем живым существам. Без бактерий многие элементы остались бы недоступными для других организмов, а некоторые даже принесли бы вред.

Азот. Бактерии регулируют содержание азота в почве. Если доступных другим организмам форм азота в почве мало, то его запас пополняют азотфиксаторы (азотобактер, ризбии, клубеньковые бактерии Пастера, цианобактерии). Поступивший в виде органических остатков азот превращается в аммиак (гнилостные бактерии), а затем переходит в нитриты и нитраты (этим занимаются селитряные бактерии). Если азота в почве слишком много, то преобладает денитрификация: азот возвращается в атмосферу. Микроорганизмы, осуществляющие этот процесс, называются денитрификаторами.

Другие элементы. Бактерии способны использовать многие элементы. Мы уже знаем об использовании серы, железа, олова, свинца, марганца, меди, мышьяка. Мало того, что благодаря бактериям элементы все время переходят из одних соединений в другие, бактерии способны откладывать их себе «про запас», образуя буквально целые горы полезных ископаемых. Месторождениями нефти, природного газа, серы, железа мы обязаны бактериям.

4. Бактерии и человеческий организм

Не все бактерии — враги человека. Бактерии помогают переваривать пищу, предохраняться от многих инфекций. Своих «микроскопических постояльцев» человеку нужно беречь. Вспомните, почему на грудных детей «нападает» стафилококк, почему новорожденные кролики заражаются холерой, а американцы, жующие пенициллиновую жевательную резинку, — болезнью черного языка.

В сомнительных случаях не занимайтесь самолечением. Если вы заболели — обязательно обратитесь к врачу. Он поможет вам справиться с опасными болезнетворными бактериями.

Наш организм умеет защищаться от бактерий. Делает это он с помощью лизоцима, высокой температуры тела, фагоцитов. В сыvorотке крови появляются вещества, обезвреживающие бактерий. Но есть бактерии, которые преодолевают защитные силы нашего организма. Эти бактерии вызывают инфекционные заболевания.

5. Симбиоз

Многие бактерии любят вступать в симбиоз и помогают жить другим организмам. В желудке коровы или человека бактерии живут относительно свободно. В лишайниках цианобактерии плотно оплетены клетками гриба. А в клубеньках бобовых растений или в питающей ткани рифтий бактерии сидят внутри клеток хозяина.

Приложение

Имен, терминов и понятий, которые встречаются в учебнике, оказалось довольно много. И хотя их можно было бы расположить просто по алфавиту, мы поступили иначе. Мы воспользовались принципом иерархической классификации и разбили слова на группы в зависимости от их смысла, а внутри групп расположили эти слова в алфавитном порядке. Так их легче искать. Может быть, мы выбрали не самую удачную классификацию. Возможно, вам удастся предложить более удачную или более интересную классификацию терминов и понятий, использованных в книге.

Общенаучные термины

Гипотеза	Наблюдение
Информация	Научная дискуссия
Исследователь	Опыт
Классификация	Эксперимент
Контроль	Экспериментатор

Приборы и способы проведения экспериментов

Бульон мясной	Опыт Пастера
Бульон с желатином	Опыт Реди
Красители анилиновые	Препарат
Культура	Пробы
Культура чистая	Среда с агаром
Лабораторные животные	Среда питательная
Метод накопительных культур	Срезы
Микроскоп	Триада Коха
Микротом	

Фамилии ученых, общественных деятелей и исторических лиц

Абу-Али ибн Сина	Верн Жюль
Аппер Франсуа	Виноградский С. Н.
Аристотель	Вирхов Рудольф
Бари де А.	Гален Клавдий
Броун Роберт	Гарвей Вильям
Бэкон Роджер	Геракл

Гиппократ
 Грам Х. И.
 Гук Роберт
 Дарвин Чарлз
 Демокрит
 Докучаев В. В.
 Йерсен Александр
 Кар Тит Лукреций
 Китагато С.
 Кох Роберт
 Левенгук Антонио
 Линней Карл
 Лысенко Т. Д.
 Марко Карл
 Менделеев Д. И.
 Мечников И. И.
 Наполеон
 Пастер Луи
 Перрен Жак
 Пушкин А. С.

Райт
 Реди Франческо
 Сеченов И. М.
 Смолуховский Мариан
 Сократ
 Спалланцани Ладзаро
 Спартак
 Торичелли Э.
 Тургенев И. С.
 Фабр Ж. А. К.
 Флеминг Александр
 Фаминцын А. С.
 Хавкин В. А.
 Цезарь Юлий
 Цицерон
 Шван Теодор
 Шлейден Матиас
 Эйнштейн Альберт
 Эрлих Пауль

Биологические науки

Анатомия
 Бактериология
 Биохимия
 Ботаника
 Генетика
 Зоология
 Микология
 Микробиология
 Молекулярная биология
 Палеонтология

Протистология
 Систематика
 Фармакология
 Физиология
 Цитология
 Эволюционная теория
 Экология
 Эмбриология
 Энтомология

Животные

Актиния	Асцидия	Бизон	Бронтозавр
Акула	Бабочка	Блоха	Бурундук
Аммонит	Баран горный	Бобер	Бык
Антилопа	Белка	Божья коровка	Водомерка

Волк	Коза	Морские звезды	Сова
Головастик	Комар	Морские свинки	Сороконожка
Губка	Коралл	Муравьи	Стегозавр
Гусеница	Корова	Мухи	Стрекоза
Дафния	Кошка	Мыши	Сурки
Дельфин	Краб	Обезьяна	Суслики
Дятел	Крокодил	Овца	Теленок
Еж	Кролик	Овчарка	Термиты
Жеребенок	Крыса	Олень	Тетерев
Жираф	Кукушка	Орехотворка	Тигр
Жужелица	Курица	Оса	Тля
Жук-дровосек	Лайка	Осьминог	Тритон
Жук-плавунец	Летучая мышь	Паук	Улитки
Заяц	Лилия морская	Пеночка	Утконос
Зебра	Лиса	Перловица	Хамелеон
Земляной (дождевой)	Личинка мор- ской звезды	Петух	Циклоп
червь	Личинка стре- козы	Плeзиозавр	Цыплята
Змея	Личинки	Полевки	Человек
Зубр	Лось	Попугай	Черви
Кабан	Лошадь	Прудовик	Черепашка
Канарейка	Лягушка	Птеродактиль	Шмель
Карась	Медуза	Пудель	Щука
Кит	Моллюски	Пчела	Ястреб
Клещ	Морж	Рифтии	Ящерица
Кобылица		Рябчик	
		Слон	

Растения, упомянутые в этом учебнике

Береза	Камыш	Лотос
Бобовые	Капуста	Лук
Бузина	Картошка	Люпин
Виноград	Клевер	Мак
Водоросли	Клен	Морковь
Голубика	Клубника	Облепиха
Горох	Клюква	Одуванчик
Дуб	Кувшинка	Ольха
Дыня	Кукуруза	Орехи
Ель	Лещина	Орхидеи
Желудь	Лимоны	Осока

Пальма королевская	Рожь	Укроп
Папоротники	Роза	Фасоль
Перец	Ряска	Черника
Подорожник	Сосна	Яблоко
Пшеница	Соя	Ячмень
Репа	Табак	
Репейник	Тюльпаны	

Простейшие

Амеба	Инфузория
Жгутиконосец панцирный	Хламидомонада

Грибы

Дрожжевые грибы	Саркосцифа ярко-красная
Зонтик гребенчатый	Сморчок конический
Монилия фруктовая	Трутовик настоящий
Пенициллум	Трутовик плоский
Плесневые грибы	Цветохвостик яванский

Лишайники

Бактерии

Молочнокислые бактерии	Семейство Lactobacillaceae
Молочная палочка	Lactobacillus lactis
Болгарская палочка	Lactobacillus bulgaricus
«Растительная» палочка	Lactobacillus plantarum
Молочный стрептококк	Streptococcus lactis
Стрептококк	Streptococcus
Стафилококк	Staphylococcus
Бактерии кишечной группы	
Семейство Enterobacteriaceae	
Кишечная палочка	Escherichia coli
«Раздвоеннобактерия раздвоенная»	Bifidobacterium bifidum
Некоторые возбудители опасных болезней	
Бактерии сибирской язвы	

Бактерии чумы	<i>Yersenia pestis</i>
Дифтерийная палочка	
Туберкулезная палочка («палочка Коха»)	
Холерный вибрион («запятая Коха»)	<i>Vibrio cholerae</i>
Клостридии	<i>Clostridium</i>
Возбудители гангрены	<i>Clostridium septicum</i> , <i>C. hystolyticum</i>
Возбудитель столбняка	<i>Clostridium tetani</i>
Возбудитель ботулизма (клостридий колбасный)	<i>Clostridium botulinum</i>
Клостридий Пастера	<i>Clostridium pasteurianum</i>
Клостридий, переваривающий клетчатку	<i>Clostridium cellobioparum</i>
Азотобактер	<i>Azotobacter</i>
Семейство <i>Rhizobiaceae</i>	
Агробактерии	<i>Agrobacterium</i>
Ризобии	<i>Rhizobium</i>
Актиномицеты	
Франкия	<i>Franckia</i>
Стрептомицеты	<i>Streptomyces</i>
Бактерии денитрификаторы	<i>Thiobacillus denitrificans</i> <i>Paraccocus denitrificans</i>
Бактерии нитрификаторы	Семейство <i>Nitrobacteriaceae</i>
Нитрозобактерии	<i>Nitrosomonas</i>
Нитрозомонада европейская	<i>Nitrosomonas europaea</i>
Нитрозоспира из Бри	<i>Nitrosospira briensis</i>
Нитрозококк океанский	<i>Nitrosococcus oceanus</i>
Нитробактерии	<i>Nitrobacter</i>
Нитробактерия Виноградского	<i>Nitrobacter Winogradskyi</i>
Селитряные бактерии	Семейство <i>Nitrobacteriaceae</i>
Метанобактерии	Семейство <i>Methanobacteriaceae</i>
Метанобактерии рубцовые	<i>Methanobacterium</i> <i>ruminantium</i>
Железобактерии	
Серные бактерии	
Цианобактерии	
<i>Gloeobacter</i>	

Synechococcus
Gloeotheca
Dermocarpa
Spirulina
Calothrix
Oscillatoria
Lyngbia
Cylindrospermum
Anabaena

Вирусы

Бактериофаги
Вирус гриппа
Вирус табачной мозаики

Термины, относящиеся к физике

Атом	Температура
Броуновское движение	Термометр
Движение молекул	Элемент
Диффузия	Энергия

Понятия из области химии, химические элементы и соединения

Атом	Нуклеиновые кислоты
Биохимия	Обмен веществ
Брожение	Пепсин
Горение	Структурные формулы молекул
Дыхание	Фотосинтез
Кислота	Хемосинтез
Молекула	Химическая реакция
Молекулярная биология	Химическая формула
Нитрификация	Химия
Нуклеотид	Элемент
Азот	Аммиак
Азотистая кислота	Белок
Азотная кислота	Бензин

Витамин
Вода
Водород
Гемоглобин
Железо
Жирные кислоты
Жиры
Калий
Кальций
Карболка
Кислород
Клетчатка
Кобальт
Лактоза
Магний
Марганец
Медь
Метан
Молибден
Молочная кислота
Молочный сахар
Мочевая кислота
Мочевина
Муреин
Мышьяк
Натрий

Нитраты
Нитриты
Нефть
Нуклеотиды
Нуклеиновые кислоты
Олово
Парафин
Природный газ
Растительные жиры
Сахар
Свинец
Селитра
Сера
Серная кислота
Сернистая кислота
Сероводород
Соли минеральные
Угарный газ
Углекислота
Углекислый газ
Углерод
Уксус
Фосфор
Целлюлоза
Цианистый калий
Эфирные масла

Антибиотики

Ампициллин
Бензилпенициллин
Бициллин
Карбенициллин

Левомецитин
Пенициллин
Стрептомицин
Тетрациклин

Цитологические термины

Клетка
Клеточная оболочка
Клеточная стенка

Мембрана
Протоплазма
Рибосома

Клеточная теория
Клеточное деление
Клеточное ядро

Фагоцитоз
Цитоплазма

Термины анатомии и физиологии животных

Глаз	Переваривание
Жабры	Печень
Желудок	Пищеварительная система
Желудочный сок	Почки
Желчь	Рот
Зубы	Рубец
Кишечник	Селезенка
Книжка	Сердце
Кожа	Сетка
Кровь	Слезная жидкость
Кровообращение	Слизь
Лейкоциты	Слюна
Легкие	Слюнные железы
Лимфа	Сосуды кровеносные
Мозг	Сыворотка крови
Мышца	Сычуг
Нервные волокна	Ткань
Нос	Фагоциты
Оболочка слизистая	Эритроциты

Термины, связанные с размножением и развитием

Вегетативное размножение	Пыльца
Гаметы	Размножение
Зародыш	Родители
Икра лягушек	Самец
Икра рыб	Самка
Оплодотворение	Самозарождение
Опыление	Сперматозоиды
Пестик	Споры
Половое размножение	Тычинки
Половые клетки	Яйцеклетка
Потомство	Яйцо

Термины, относящиеся к экологии

Автотрофы	Сообщество
Анаэробы	Травоядные
Аэробы	Фотоавтотрофы
Биоценоз	Фотолитоавтотрофы
Гетеротрофы	Фототрофы
Конкуренция	Хемосинтетики
Органотрофы	Хемотрофы
Паразиты	Хемотротрофы
Питание	Хемоорганогетеротрофы
Продуценты	Хемолитоавтотрофы
Редуценты	Хищники
Симбиоз	Экологическая система
Симбионты	

Термины, связанные с медициной. Названия болезней

Аллергия	Менингит
Бациллоносители	Патология клеточная
Бешенство	Прививки
Болезни инфекционные	Процесс патологический
Болезнь черного языка	Сибирская язва
Ботулизм	Симптом
Возбудители	Стерилизация
Гангрена	Столбняк
Дизентерия	Судорога
Дифтерия	Тиф брюшной
Заболевания инфекционные	Туберкулез
Инфекция	Холера
Карантин	Холера куриная
Лихорадка	Чума
Малярия	Эпидемия
Медицина практическая	

Оглавление

часть 1

ВВЕДЕНИЕ В БИОЛОГИЮ

ГЛАВА 1	
ОСНОВЫ КЛЕТОЧНОЙ ТЕОРИИ	5
§ 1. История открытия клетки	5
Увеличительное стекло	5
Антонио Левенгук (1632—1723)	8
Изобретение микроскопа	10
Что увидел в микроскоп Роберт Гук	14
Что увидели ученые, посмотрев в микроскоп на животных	17
§ 2. Клеточная теория	20
Клетка — основа жизни	20
Одноклеточные	21
Строение клеток одноклеточных, растений и животных	22
Откуда берутся новые клетки	22
«Все подвергай сомнению»	25
Существует ли самозарождение?	27
Есть ли родители у «зверушек»?	32
Какой толк от этих научных споров?	34
И снова: возможно ли самозарождение?	35
Как размножаются многоклеточные животные	38
ГЛАВА 2	
СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА ЖИВОГО МИРА	42
§ 1. Биологическая классификация	42
Общее понятие о систематике	42
Естественная классификация	52
Карл Линней (1707—1778)	57
§ 2. Царства. Пять царств живых организмов — бактерии, простейшие, растения, животные, грибы	62
Про атомы, молекулы и энергию. Химические реакции	62
Еще о молекулах. Структурные формулы	67
Царства	73
Броуновское движение и движение молекул	79
Питание бактерий, простейших и растений	82
Вирусы	83
ГЛАВА 3	
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ И БИОЦЕНОЗЫ	85
Введение	85
§ 1. Примеры биоценозов	87
Обитатели лиственного леса и их взаимодействие	87
Биоценоз озера	93

§ 2. Потоки вещества и энергии в биоценозе	95
Круговые, или циклические, процессы	95
Сообщества и полет к Марсу	101
От атомов к сообществам	101

ЦАРСТВО БАКТЕРИЙ

Введение	103
§ 1. Как люди узнали о том, что бактерии вызывают опасные заболевания	105
<i>Дополнительный материал</i>	112
1. Как Роберт Кох открыл способ выращивать бактерии каждого вида отдельно	112
2. «Черная смерть» (о чуме)	114
3. Как сохранить клубничный сок	122
§ 2. Какую роль играют маленькие размеры бактерий	125
Соотношение поверхности и объема у тел разных размеров	125

ГЛАВА 1

МНОГООБРАЗИЕ БАКТЕРИЙ

§ 1. Бактерии-воры	128
§ 2. В недрах желудка	135
§ 3. Организм защищается	143
<i>Дополнительный материал</i>	151
Александр Флеминг	152
§ 4. Антибиотики	158
§ 5. Те, кто не любят воздуха	162
§ 6. Помощники и нахлебники растений	170
§ 7. «Судьба» азота	178
§ 8. Про корову, болота и городской мусор	185
<i>Дополнительный материал</i>	190
1. Сергей Николаевич Виноградский	190
2. Оазисы на дне океана	195
§ 9. Умельцы на все руки	199

ГЛАВА 2

СТРОЕНИЕ И ОБМЕН ВЕЩЕСТВ БАКТЕРИЙ

§ 1. Что едят бактерии	205
§ 2. Как устроены бактерии	212
Что мы увидим в световой микроскоп	212
Что мы увидим в электронный микроскоп	215
<i>Заключение</i>	218
<i>Приложение</i>	222

ШКОЛЬНЫЕ УЧЕБНИКИ СССР

[SHEBA.SPB.RU/SHKOLA](http://sheba.spb.ru/shkola)